

300615

19
29



UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE INGENIERIA
INCORPORADA A LA U. N. A. M.

OPTIMIZACION DE LA EJECUCION DE UN
PROYECTO MEDIANTE UNA
ADECUADA PLANEACION

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A :
FERNANDO ROMO DURAND

Director de Tesis: Ing. Luis Miguel Arroyo Yllanes



MEXICO, D. F.

1990



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

	PG.
INTRODUCCION.....	1
I FACTORES QUE AFECTAN A LA OBRA.....	3
I.1 OBJETIVO DE LA OBRA.....	4
I.2 REQUERIMIENTOS DEL DISEÑO.....	13
I.3 DIVISION DEL TRABAJO.....	17
I.4 EL ORGANIGRAMA EN OBRA.....	24
I.5 CONDICIONES DE CONTRATACION.....	32
II PROGRAMACION DE LA OBRA.....	41
II.1 REDES: SUS USOS Y VENTAJAS.....	46
II.2 ANALISIS DE LA RED.....	57
II.3 DIAGRAMA DE BARRAS.....	86
III ASIGNACION OPTIMA DE RECURSOS.....	91
III.1 MATERIALES Y EQUIPO.....	99
III.2 MANO DE OBRA.....	108
III.3 MEDIDAS CORRECTIVAS.....	114
IV CONTROL DEL PROGRAMA.....	122
IV.1 AVANCES.....	124
IV.2 MEDIDAS CORRECTIVAS Y ACTUALIZACION.....	133
V CONTROL DEL PRESUPUESTO.....	144
V.1 FORMAS Y MEDIDAS CORRECTIVAS.....	149
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	155
BIBLIOGRAFIA.....	158

INTRODUCCION

INTRODUCCION

El objeto de esta tesis es servir como apoyo en las decisiones para desarrollar una buena planeación de obra, dando al lector algún conocimiento para que le ayude a hacer una buena red y que pueda preparar críticas constructivas respecto al desarrollo de los planes y controles del proyecto.

Con gran frecuencia ocurre que se hace un programa de obra, se le asignan los tiempos y costos probables de ejecución, y se empieza ésta, pero durante la ejecución, dicho programa no sirve, por diversas razones.

- Sólo fue hecho como requisito para la contratación.
- No corresponde a la realidad.
- Está mal elaborado.
- Los residentes de obra no confían en él.
- El residente de obra y el gerente de proyectos no se pusieron de acuerdo en su elaboración
- Etc.

Sin embargo si las diferentes personas que van a participar a nivel gerencia y residencia pueden analizar críticamente los resultados conociendo las limitaciones y ventajas del análisis de red, entonces pueden materializarse las muchas ventajas que ofrece dicha red.

El análisis de red proporciona los medios para:

- Planear proyectos de un modo que puedan evaluarse las metas en término de tiempo y costo.
- Controlar los proyectos de modo que tan pronto como el funcionamiento real empiece a cambiar del plan original, pueda procederse a dar la solución que sea necesaria.
- Proporcionar un medio de comunicación entre los diferentes departamentos.
- Hacer una disciplina en la organización mediante la explicación de los métodos de trabajo.
- Mejorar la calidad de la estimación de los proyectos.

La ventaja del análisis de red es que sus principios son fáciles de entender y no se necesita tener un conocimiento matemático avanzado para entenderlos.

CAPITULO 1

FACTORES QUE AFECTAN A LA OBRA

I. FACTORES QUE AFECTAN A LA OBRA.

Todas las obras de construcción por pequeñas que sean se puede pronosticar que van a tener problemas. Lo importante no es que los haya, sino que se esté preparado a recibirlos, sin que afecten a la terminación de la obra.

Para lograr una buena obra las decisiones y actuaciones en el proceso constructivo deben ser rápidas y acertadas, esto solamente se logrará si los problemas no fueron una sorpresa y fueron esperados. Dichas decisiones y actuaciones deben estar basadas en un programa y no dejadas al azar.

Los factores que pueden afectar una obra son:

- Determinar y comprender los objetivos de una obra.
- Analizar los requerimientos y especificaciones del diseño de una obra.
- Dividir el trabajo en la obra correctamente.
- Estructurar la mejor organización en la obra.
- Establecer las mejores condiciones de contratación.

En base a estos factores será el desarrollo de éste capítulo.

LI OBJETIVOS DE LA OBRA

I.1 OBJETIVOS DE LA OBRA

Un concepto fundamental aunque parezca algo ridículo, es el definir el objetivo de la obra, el responderse si ; ¿En verdad sirve lo que se va a construir?, ¿Es funcional?, ¿Dónde sería mejor construirlo?, ¿Como serviría mejor?.

El objetivo o meta de una obra se determina en base a una necesidad, al tenerse una necesidad debe de tenerse un objetivo o solución, porque difícilmente se podrá llegar a algo si no se sabe a donde ir, por ejemplo una necesidad de refugio puede ser solucionada por medio de una casa que vendría representando el objetivo, si ésta no satisficiera adecuadamente la necesidad de refugio, se estaría fallando desde un principio. El objetivo se puede decir que es la parte fácil de determinar en una obra, la parte difícil es la manera en que se va a lograr el cumplimiento de dicho objetivo.

El objetivo de la obra y la forma de llegar a él es la base de toda planeación, este objetivo contiene la razón para que una obra exista.

Para lograr que el objetivo de la obra se cumpla deberá hacerse un cálculo estimativo del tiempo y del costo requerido, para saber si en verdad se puede hacer, dónde y

cómo se haría. Este cálculo se basará en las necesidades, requisitos y especificaciones del proceso constructivo.

Las necesidades forman una jerarquía, unas son aquellas de las cuales no se puede prescindir, a éstas se les llama necesidades primarias, algunas de estas necesidades se les conoce como necesidades vitales, por ejemplo, como solución a la necesidad de refugio se construye una casa, como solución a la necesidad de trabajo se construye una fábrica, etc.

Las otras necesidades son las necesidades secundarias, y son aquellas que son superfluas y que satisfacen un gusto, una forma de vida, una cultura, o una costumbre, éstas pueden ser; belleza, lujo, diversión, comodidad, funcionalidad, etc.

Cuando una obra es demasiado grande el objetivo se divide en sub-objetivos con el fin de facilitar el manejo de requisitos y especificaciones del objetivo de la obra.

Se debe construir una obra para conquistar ciertos objetivos, sub-objetivos y necesidades primarias, los cuales no deben variar, a diferencia de las necesidades secundarias, de los requisitos y especificaciones del objetivo de la obra y del proceso constructivo que si pueden variar debido a una falta de compatibilidad y

factibilidad, pero que proporcionan el primer paso. Considerando el ejemplo anterior el objetivo de una casa es servir como refugio, pero si además de esto se satisfacen algunas necesidades secundarias como son lujo y comodidad, sólo se podrá lograr mejorando los requisitos y especificaciones. Una forma de lograrlo es construyendo cuatro habitaciones en lugar de una que es la necesaria.

Algunos problemas surgen en la obra debido a que al final de ésta el cliente se dió cuenta que le hacían falta o que sobraban algunas especificaciones o requisitos para el buen funcionamiento del objetivo, esto trae como consecuencia un aumento en los costos debido a un cambio de planes.

Como ejemplo se puede tomar la construcción de una fábrica constructora de artículos de celulosa, ésta consistió en la construcción de una bodega, un cuarto de máquinas y una cisterna a una distancia de 200 m de las maquinas.

El problema que existió fue que no se consideró que la distancia era excesivamente grande para que el agua llegara con la suficiente rapidez a enfriar las máquinas, ya que se necesitaban volúmenes de agua cerca de éstas para enfriarlas rápidamente, pero nadie se percató que la cisterna estaba demasiado alejada de las maquinas y que las

bombas compradas no tendrían suficiente presión (error de cálculo). Por la cual al final de la obra, cuando se estaban instalando dichas máquinas, se supo que se necesitaba una cisterna más cercana con sus bombas respectivas, así que se hizo una cisterna pequeña con mosaico para que almacenara y enfriara el agua.

Otro problema que se tuvo es que en las tuberías que alimentan de agua a las máquinas no se consideró que tenían que ser elevadas, por lo que se colgaron de las columnas y de la armadura del techo sin haber sido calculadas para soportar dichas cargas.

Como se puede notar quizá el objetivo si está definido, pues se deseaba una fábrica que empezara a producir lo suficiente para cubrir sus gastos, inmediatamente después de que se construyera, pero debido a la falta de precaución en la identificación de requisitos y especificaciones del objetivo de la obra, causaron una demora de aproximadamente ocho meses teniendo como consecuencia que de ocho máquinas que se instalaron sólo servían dos cuando se terminó la obra.

Se dejó de pensar en las necesidades secundarias, funcionalidad, comodidad y economía para poner a funcionar las máquinas, ya que éstas podrían trabajar con una cisterna a 200 m por medio de unas bombas más potentes y

también podrían funcionar con tuberías elevadas, pero a la larga la vida útil de las máquinas y por consiguiente de la fábrica se habrían acortado considerablemente, cabe decir que los costos hubieran sido tan altos que tuvo que hacerse un cambio, aunque este mismo representaba un imprevisto con un alto costo. No es que se haya construido mal sino que estaban mal planteados los objetivos y sub-objetivos.

Este es sólo un ejemplo de los miles que existen para dar una idea de que tan importante es el saber lo que se va a construir, ya que un error u omisión por descuido o por tratar de ahorrar algo momentáneamente, puede ocasionar un costo mucho mayor posteriormente.

Un aspecto básico en el objetivo de la obra, que muchas veces se olvida o se toma poco en cuenta, se refiere al cliente, ésto se debe a que el personal que labora, está tan preocupado pensando en lo que opina el gerente de obra y el residente que olvidan que el "verdadero" jefe de la obra es el cliente, ya que él es el que define el proyecto y establece el objetivo de la obra, por lo que es preciso conocer su punto de vista para poder reflejarlo exactamente.

Cualquier trabajo de construcción tiene un cliente por lo que es de suma importancia lo que éste quiere o desea realmente, ya que por lo común ni él sabe específicamente

lo que necesita. Debido a ésto el gerente de obra debe darle a conocer lo que realmente va a obtener, cómo y cuándo lo obtendrá y cuánto tendrá que pagar por ello.

Es importante no olvidar las relaciones con el cliente, debe haber un acuerdo claro sobre lo que ha de hacerse en la obra, es decir, definir fechas claves y fondos correspondientes. En obras grandes a menudo el cliente se trata de "especialistas" y administradores en adquisiciones de la misma empresa contratante, por lo que se hace necesario tener una buena comunicación de éstos con la compañía constructora, para evitar confusiones y atrasos que representan una demora de tiempo en los pagos a ésta y una demora en la entrega de la obra que afecta al cliente o contratante.

El ejemplo anterior representa un error del cliente, ya que éste no investigó a fondo. El gerente de obra se atiene a lo que el cliente quiere (planos), pero si lo que el cliente quiere está mal, lo que el gerente de obra construya, por lo tanto estará mal. En algunas ocasiones el gerente de obra se dará cuenta de algunos errores de las especificaciones de obra pero otras no, por lo que es su obligación decir al cliente que nota algo infuncional. En el caso del ejemplo anterior el gerente de obra no se dió cuenta que en los planos, no se preveía una segunda cisterna ni que las tuberías fueran elevadas, debido a su

falta de conocimiento en ingeniería mecánica.

También es importante para el buen funcionamiento del objetivo de la obra decidir en donde se deberá construir ésta. Desgraciadamente esto no se considera muy importante y se cometen errores de elevado costo.

Por ejemplo tomando como referencia la construcción de la fábrica antes mencionada, un problema fue que en dicha zona el drenaje municipal presenta problemas de circulación (la velocidad de las aguas negras es muy lenta), además de que el nivel del terreno está más abajo que el nivel del drenaje.

Con todo y que el terreno fue rellenado con tepetate, no se alcanzó una altura óptima ya que no se sabía que el drenaje estuviera tapado. El resultado fue que una vez que se empezó a construir la obra y se hicieron los drenajes, a finales de ésta, al conectar el tramo final de su drenaje con el drenaje público, en lugar de salir las aguas negras del drenaje de la fábrica, las aguas negras del drenaje municipal entraron, produciéndose un estancamiento. Varias veces se pidió al municipio que desazolvara el drenaje, pero respondió que no tenía recursos económicos. El resultado fue que se dejó todo como estaba, provocando que se tuvieran problemas en época de lluvias.

Otro problema que ocurrió en la obra, consistió que al principio de ésta se excavaron 20 cm y se encontró buen suelo que soportaba adecuadamente las cargas. Pero al comenzar la obra se encontró que después de excavar 35 cm, por lo general existía un suelo lodoso de pésimas características, teniendo como consecuencia que acarrear se tepetate en camiones de una zona alejada a la obra (18 km aproximadamente).

Esto, como es de suponerse, disparó los costos, ya que como es sabido, el acarreo de materiales representa un alza considerable en los costos. Este problema indica que es conveniente tener cerca los bancos de materiales con calidad, ya que las diferentes distancias de acarreo traerán como consecuencia que se alcen o se bajen los costos. Una solución podría ser el cotizar los diferentes bancos cercanos a la obra.

Todo esto lleva a la siguiente pregunta ¿fue redituable la obra?. Para contestar esto se debe hacer un estudio para saber si los objetivos de la obra se cumplieron y a que costo.

Probablemente en la fábrica, aunque se hubieran sabido los problemas que iban a ocurrir, el precio del terreno y las condiciones fiscales, justificaran su construcción en el terreno con las condiciones anteriormente descritas.

Es importante recalcar que para decidir un objetivo y sub-objetivo se deben hacer varios cálculos y verificaciones para escoger la mejor opción, es decir deben de tomarse en consideración diversos diseños que satisfagan los requerimientos de dicha obra, para posteriormente determinar cuál es el mejor diseño.

También es importante considerar los requisitos y especificaciones del objetivo de la obra y del proceso constructivo, ya que éstos determinan la forma de ejecutar los objetivos y sub-objetivos que se deben lograr, por ejemplo; si una vivienda por especificaciones de obra requiere mármol, pero en el lugar que se construye y en sus cercanías no lo hay, se tendrán problemas para lograr el objetivo deseado.

12 REQUERIMIENTOS DEL DISEÑO

I.2 REQUERIMIENTOS DEL DISEÑO.

Los requerimientos son aquellas condiciones que deben de tenerse o cumplirse para hacer un objetivo y sub-objetivos.

Por otra parte las especificaciones son las explicaciones, determinaciones o declaraciones en particular de un requerimiento o requisito.

En la construcción existen dos tipos de requerimientos y de especificaciones, unos son los requerimientos y las especificaciones del objetivo de la obra y los otros son los del proceso constructivo, por ejemplo:

Primer ejemplo

Necesidad primaria: Refugio para dos personas.

Objetivo: Casa.

Sub-objetivo: Ninguno.

Necesidades secundarias: Lujo, comodidad, belleza.

Requerimientos del objetivo de la obra:

Un comedor	Cuatro cuartos
Dos baños	Una cocina
Una sala	Etc.

Especificaciones del objetivo de la obra:

Que la casa sea de un piso	Que el comedor esté alfombrado
Que los baños tengan tina	Los cuartos con guardarropa

Que la cocina sea integral Etc.

Requerimientos del proceso constructivo: peones, oficiales, etc.

Especificaciones del proceso constructivo: que los muros de carga se deberán construir antes que las losas, etc.

Segundo ejemplo

Necesidad primaria: Vender 600 tipos diferentes de artículos diariamente.

Objetivo: Tienda de autoservicio.

Sub-objetivo: Que la tienda esté dividida en 15 departamentos.

Necesidad secundaria: belleza, comodidad, funcionalidad.

Requerimientos del objetivo de la obra:

Un baño de hombres	Un baño de mujeres
Cajones de estacionamiento	Oficinas
Bodegas	Etc.

Especificaciones del objetivo de la obra:

Que el baño de hombres tenga tres mingitorios.

Treinta cajones de estacionamiento.

Que las oficinas tengan acceso posterior.

Dos bodegas.

Etc.

Requerimientos del proceso constructivo.

Peones, oficiales, maestro, cemento, arena, etc.

Especificaciones del proceso constructivo.

Construir las zapatas corridas antes que las aisladas.

Los requisitos y especificaciones del objetivo de la obra determinan la forma de hacer el objetivo y sub-objetivos que se deben de lograr en ésta. La forma en que se hace es el proceso constructivo y éste también tiene sus requisitos y especificaciones para llevar a buen término una obra.

Un diseño en la ingeniería civil representa por medio de un dibujo los requisitos y especificaciones del objetivo de la obra, es decir representa gráficamente el objetivo de la construcción.

Los requisitos y especificaciones del proceso constructivo se basan en dicho diseño o plano, en función a éste se calcula cuanto ha de gastarse para una obra de calidad determinada, y la fecha de terminación, en base a las limitaciones de los recursos. (De esto se mencionara más en el capítulo II).

Los requisitos y especificaciones del objetivo de una obra se basan de acuerdo a las necesidades secundarias, gusto, preferencia y recursos de cada persona. Debido a esto resulta difícil el establecer requisitos y especificaciones universales, por otra parte los requisitos y especificaciones del proceso constructivo son similares en el contexto básico, variando la cantidad de acuerdo al

tamaño de la obra. Por lo general éstos se dividen en: humanos, materiales y equipo.

Los requerimientos humanos son todas las personas necesarias para lograr el objetivo de la obra y las especificaciones humanas son la cantidad necesaria de personas que laboran en un tiempo determinado. Los requerimientos materiales son todos los elementos que constituyen una construcción y las especificaciones materiales son los tipos de elementos que se utilizan y la cantidad de ellos. Los requerimientos de equipo son toda la maquinaria necesaria para hacer dicha construcción y las especificaciones de equipo son la cantidad y el tipo de maquinaria que se requiere.

**13 DIVISION
DEL TRABAJO**

I.3 DIVISION DEL TRABAJO.

Es importante que el trabajo a ejecutar en la obra, se divida y se subdivida, para proporcionar un medio de control adecuado. Esto dará como resultado que todos los requerimientos y especificaciones de la obra o el proceso constructivo, sean cumplidos en su totalidad.

La división de trabajo en obra consiste en dividir el trabajo total de la misma en grupos de actividades, luego subdividir estos en actividades, y a continuación subdividir estas en subactividades y así sucesivamente. El trabajo se puede subdividir tanto como sea necesario para producir la obra deseada. El nivel más bajo del trabajo subdividido debe ser suficientemente pequeño para permitir un control adecuado, sin crear una carga administrativa difícil de manejar. Cada grupo de actividades debe de organizarse y subdividirse de tal manera que satisfaga mejor las necesidades de la obra, lográndose así información útil y un control flexible.

Por otra parte, debe recordarse que un buen programa de obra también exige la integración de todos los grupos de actividades a ejecutar, si se logra una buena integración se tendrá una buena percepción de las actividades y subactividades vinculadas.

La división del trabajo puede ayudar en:

- Controlar los requisitos de obra.
- La descripción de la totalidad de las operaciones de la obra.
- Las autorizaciones para hacer los trabajos.
- Las autorizaciones para los presupuestos.
- Las autorizaciones para los programas de fechas.
- Proporcionar información de la situación en que se hallan los trabajos.

La división del trabajo en obra deberá de organizarse de acuerdo a un orden previamente identificado. A cada grupo de actividades y subactividades de alguna división o subdivisión se le debe asignar su correspondiente identificación única.

Una manera práctica de darles identificación, consiste en establecer unas divisiones y subdivisiones por medio de números.

El primer número corresponde a las divisiones del trabajo total de la obra en grupos de actividades por ejemplo; 1.0; 2.0; 3.0; y así sucesivamente. Después cada grupo de actividad se subdivide en actividades por ejemplo; el grupo de actividades 1.0 se subdivide en las actividades 1.1; 1.2; 1.3; y así sucesivamente. Después la actividad se

subdivide en subactividades por ejemplo; la actividad 1.1 se subdivide en las subactividades 1.1.1; 1.1.2; 1.1.3; etc.

Cada grupo de actividades y subactividades pueden dividirse tanto como se desee. Como ejemplo se puede tomar:

1	2	3
GRUPO DE	ACTIVIDADES	SUBACTIVIDADES
ACTIVIDADES		

Este número significa que estamos en la subactividad 3, que forma parte de la actividad 2 y a su vez pertenece al grupo de actividades 1.

El nivel del trabajo de obra, será la suma del grupo de actividades y subactividades. Tomando el ejemplo anterior tenemos que:

1 . 2 . 3	Este número significa que
1 + 1 + 1 = 3	se tiene como resultado el
	tercer nivel.

En una obra de ingeniería civil se consideran las actividades como la unidad principal en un programa de obra, siendo el grupo de actividades, muy importante para una identificación rápida y poco precisa de la obra. Las

subactividades se usan para una identificación lenta pero precisa. En algunas obras, por lo general pequeñas y medianas no se tratan las subactividades, reservándose éstas para obras.

Lo que se recomienda es que sin importar la obra que se trate, se subdividan las actividades críticas, ya que son prioritarias y requieren de una atención especial.

Como base en esta tesis, se tomará como referencia a las actividades pudiéndose aplicar las situaciones que se describan de éstas, a los grupos de actividades y subactividades.

El número de identificación tiene que ir antes del nombre de la actividad de la obra y sería de gran ayuda que dichos nombres no fueran muy largos ni complicados.

El uso de números relacionados, favorece el identificar las relaciones entre actividades de obra para un adecuado control e identificación de requerimientos y prioridades.

Es recomendable el poner diferentes "sangrias progresivas" en los márgenes, para identificar diferentes niveles; por ejemplo:

1.0

(Grupo de actividades)

- 1.1 (Actividades)
- 1.1.1 (Primera subactividad)
- 1.1.2 (Segunda subactividad)

El mostrar así las divisiones y subdivisiones de las actividades de obra, es una manera sencilla y eficaz de representar su planeación.

Cada renglón tiene el número de identificación de la actividad de obra y el nombre de ésta. Los diferentes grados de subactividades se muestran de la misma manera en los renglones más bajos

Algunas características que se pueden observar de una división de trabajo en obra son:

- Cada elemento especificado de la subdivisión del trabajo de obra, es la suma de todos los elementos especificados inmediatamente situados bajo él. Cuando se subdivide un elemento de trabajo, todo el trabajo en ese elemento, se sitúa en las subdivisiones subordinadas inmediatas.
- Para facilitar un control adecuado de la división de trabajo se puede tomar la costumbre de añadir una descripción a cada actividad de obra, sin necesidad de hacerla sumamente detallada. El motivo se debe a que las personas que van a hacer el trabajo comprendan lo que va a

contener éste. Si se hace debidamente dicha descripción se podrá usar la división del trabajo como base para preparar cualquiera de las siguientes operaciones:

- Determinación de los precios de las actividades.
- Autorizaciones de actividades.
- Informes de las actividades.
- Etc.

Un problema clave que se debe resolver en la formación de una división de trabajo para que pueda servir, es la profundidad que se le va a dar, es decir, debe pensarse el número de niveles que es conveniente dar para administrar el proyecto.

El número de niveles debe ser lo suficiente para que no sea difícil el entendimiento de las actividades de obra. Si es necesario, deberá ser posible elaborar una programación de fechas o una "red" para una sola actividad de la división de obra. Por lo general las actividades rutinarias y repetitivas no deberán ser subdivididas.

Quizá puedan ocurrir confusiones cuando haya una división del trabajo en obra, pero parte de esta división puede vincularse con la integración de otras actividades, dando como resultado que la división del trabajo no pueda ser subdividida con la misma lógica usada en otras

ocasiones.

Los presupuestos pueden elaborarse en un nivel intermedio de la división de trabajo en obra (actividades), en tanto que la programación de fechas puede realizarse en el nivel más bajo de la división de trabajo de obra (subactividades), dicha división tiene como característica la flexibilidad, porque puede ampliarse con el tiempo, tanto en la profundidad como en radio de acción, no es necesario empezar a usar la división de trabajo en obra hasta que se llegue a la profundidad deseada en todos los sectores. Se puede decir que una implantación temprana, que sólo contenga 2 ó 3 niveles de subdivisión ofrece una base sólida para la planeación de obra.

**14 EL
ORGANIGRAMA
EN LA OBRA**

I.4 EL ORGANIGRAMA EN OBRA.

Un organigrama en la construcción según donde se aplica se divide en dos partes, una en la matriz o donde están las oficinas de la constructora, y otra en la obra propiamente dicha (oficina de campo). Y dependiendo del tamaño de la compañía constructora sera su magnitud.

MATRIZ

- Presidencia (dueño o dueños de la constructora).
- Gerencia general (también llamada jefatura de superintendencia o gerencia operativa), son los responsables de las obras de la constructora.
- Gerencia de obra (también conocida como gerencia de proyectos), son los responsables de una obra específica.
- Gerencia de administración, son los responsables de la administración de las obras de la constructora.

OBRA

- Residencia (también llamada gerencia constructiva), son los responsables de la construcción de una obra.
- Administradores, son los responsables de una buena administración en la obra.

Este quizá no sea el organigrama de una constructora

pero se tomará como referencia en la presente tesis, debiendose adaptar a la situación del tamaño de cada compañía.

La gerencia general es la que planea e inicia el proyecto y es la responsable principal de su organización y del nombramiento clave del personal que la realizará. La dirección y el control se ejercen en forma continua, aunque exigen menos atención de la gerencia general, ya que posiblemente no será la única obra que se atienda, en cambio la organización y la designación del personal clave de trabajo si requiere de su atención directa; una vez determinado esto el gerente de obra es el responsable de los planes y de las operaciones internas, así como de ordenar y mantener controles efectivos sobre sus avances, encausando los trabajos del equipo de construcción para satisfacer los requisitos del cliente y lograr los objetivos trazados.

De las dos decisiones importantes que debe tomar la gerencia general, las decisiones organizativas son las más difíciles por ser las que mayor tiempo requieren para analizarse y por ser difícil corregirlas cuando han sido tomadas en un principio. Se puede decir que es bastante fácil el sustituir alguna persona que no esté teniendo buenos resultados; pero constituye un verdadero problema reorganizar un programa a medio camino. Por otra parte es difícil pronosticar dichas situaciones de deficiencias

organizativas, aunque se puede saber inmediatamente puesto que no se está llegando a las metas, esto quizá se deba a los conflictos personales entre el personal.

Si se toman buenas decisiones organizativas se tendrá una estructura sólida para resolver todos los problemas, pues es más fácil corregir mediante una asesoría que ante un cambio de personal. Dicha organización debe ser capaz de alcanzar las metas del proyecto o programa de manera eficiente y eficaz.

El personal clave que se escoja debe ser de calidad y de preferencia con experiencia, ya que a la larga repercutirá en un beneficio, porque una de las características de un programa es que brinde un medio en el que se puede manifestar la aplicación del talento.

Es evidente que un personal experto no puede por sí sólo garantizar el éxito del proyecto; si este está mal concebido, mal planeado, o no cuenta con los recursos necesarios, pocas serán las esperanzas de éxito, pero aunque las esperanzas sean pocas un buen personal tendrá posibilidades mayores. Por otra parte si el personal no está a la altura de su trabajo, ningún plan por brillante que sea, ni el exceso de recursos podrán salvar la situación. Es fácil decir que se necesita personal con calidad y experiencia, pero la pregunta es ¿Quiénes podrían ser?.

La necesidad de delegar autoridad y de asignar responsabilidades crea problemas ya que sin querer se hieren susceptibilidades, se puede decir que es bastante sencillo repartir la autoridad, pero es difícil asignar responsabilidades para el éxito de la obra, dicho de otra forma ¿quién se hará responsable de las dificultades o fracasos del proyecto?

Se puede llegar a un error tratando de evitar los problemas, porque con la idea de evitar un arreglo organizativo injusto se deja todo con la esperanza de que resulte lo mejor posible, dando como resultado que no se asignen responsabilidades específicas ni se delegue autoridad.

Se debe especificar las responsabilidades de cada quien y las decisiones que cada quien debe tomar, todo depende del diferente grado de los problemas. El éxito de un proyecto depende de todas las personas que trabajan en él. Debe de tratarse de no crear un organigrama complicado, porque recordemos que lo que se requiere es rapidez, por lo tanto mientras más sencillo sea, será mejor.

Otro problema que se debe aclarar es el grado de independencia que tiene la obra, respecto a la matriz, es decir que tan autónoma será y que decisiones se pueden tomar

en las diferentes partes.

Hay dos tipos principales de independencia de obra que se pueden tomar en cuenta, la totalmente autónoma y la parcialmente autónoma. La totalmente autónoma se da en obras medianas-grandes y en obras grandes, se caracteriza porque se crea una organización en la obra que no depende de la organización de la constructora, es decir tiene su propia administración y toma sus decisiones.

Algunas ventajas son:

- El gerente de proyecto tiene un control completo sobre los trabajos, el personal y los recursos
- La organización de obra puede reaccionar rápidamente ante las necesidades y problemas.

Algunas desventajas son:

- A menos de que el proyecto sea de gran magnitud, esta forma de organización, requiere por lo general un personal numeroso y es más costoso que otros enfoques organizativos.
- La independencia organizativa puede provocar al proyecto una desviación en la administración, tratando de obtener cosas que a lo mejor ya se obtuvieron en la organización de la matriz.
- Las operaciones administrativas quizá hagan desviarse al

gerente de obra en su objetivo principal ya que ahora el gerente no sólo tiene que encargarse del control de la obra sino que también tiene la responsabilidad de su buena administración, que de otra manera antes manejaba la matriz.

- Tener que volver asignar puestos al personal del proyecto cuando la obra se termine, esto es difícil sobre todo si la matriz no tiene obras donde designar al personal.

Algunas características que hacen apropiada una organización totalmente autónoma son:

- Debido a que hay que ejecutar la obra en un lugar alejado de la matriz.
- La obra es de tal magnitud que es conveniente dar a su gerente, el control y flexibilidad máxima.
- El cliente que aporta los recursos para la obra desea una organización autónoma
- Es conveniente por razones fiscales.

La parcialmente autónoma se aplica a obras medianas y pequeñas, se caracteriza porque la administración de la matriz se encarga de la administración de la obra, sus ventajas son

- El gerente de la obra es completa y exclusivamente responsable del desempeño acertado de la construcción, sin

que tenga que descuidarse en cuestiones administrativas o de otra índole, es decir puede dedicar su tiempo al objetivo principal y no es necesario que sea un experto ni que dedique su tiempo a operaciones de apoyo que no se relacionan con los problemas de construcción de la obra.

- Las operaciones de apoyo que requieren conocimientos de expertos, quedan en manos gente experimentada, por lo cual se asegura la ejecución eficaz y se evita el riesgo de volver a hacer cosas que ya se habían obtenido antes.

La desventaja principal es, que se tienen los mismos problemas de alto costo y administración de personal que hay en las organizaciones completamente autónomas. Sin embargo, por lo común es menos complicado.

Algunas características que hacen apropiada una organización parcialmente autónoma son:

- Obras que requieren trabajos importantes y rápidos de subcontratistas u organismos de apoyo.
- Obras sumamente urgentes o de alta prioridad.
- Obras en las cuales el cliente desea que haya una autonomía en grado significativo.

Ya sea que la organización sea total o parcialmente autónoma, debe tener una buena administración. Lo cierto es que el gerente de obra debe consultar antes de autorizar un

programa o un cambio en él, con ayuda de un pequeño personal asesor de planeaciones y de control, debe; determinar las actividades y los programas de fechas de obra, delegar la ejecución a la organización funcional apropiada (residentes) y elaborar presupuestos para la realización de las tareas.

Los residentes o jefes de organización funcional, son los responsables de ejecutar las actividades de la obra, de conformidad con las necesidades y planos de la misma.

Las características de la organización funcional de trabajo o residencia son:

- Participa plenamente en las planeaciones de la obra y en todos los trabajos de revisión y de control del mismo que afecten a su función.
- Es responsable de que al gerente de obra se le aporten soluciones de la mejor calidad posible en su particular radio de acción y contrae compromisos con él.
- Está facultado para dictar instrucciones acerca de las operaciones de la obra a todo el personal bajo su cargo.
- Ejecuta todas las actividades de la obra de acuerdo a las normas y procedimientos implantados por el gerente de obra.

15
CONDICIONES
DEL
CONTRATO

I.5 CONDICIONES DE CONTRATACION.

En base a los requerimientos de la obra de construcción será el contrato. Un contrato es el instrumento legal que define las relaciones entre personas que intervienen en un negocio. Entendiéndose como negocio el invertir algo (dinero, tiempo, servicios, etc.) para obtener algo más (dinero, tiempo, servicios, etc.).

El que ofrece un contrato se le dice contratante y el que lo recibe contratista. Un contrato consta de una declaración, donde se enuncian las intenciones del negocio y unas cláusulas; donde se establecen los derechos y obligaciones de las personas que intervienen en el mismo.

Un contrato debe tener, las siguientes declaraciones:

- Objetivo del contrato.
- Importe del contrato. (costo)
- Forma de pago. (tiempos)
- Tiempo de ejecución. (fechas de entregas)
- Garantía.
- Responsabilidades. (firmas)
- Derechos.
- Obligaciones.
- Sanciones.
- Planos.

- Especificaciones.
- Etc.

El importe del contrato se basa principalmente en los requerimientos del diseño vistos en el punto 1.2, pero podemos mencionar que el establecimiento del importe o costo de un contrato depende de:

- Requerimientos del diseño (visto en el punto 1.2)
- Riesgo; mientras más riesgo tenga la obra mayor será el costo. El dueño o contratante puede tomar el riesgo, en este caso la utilidad del contratista baja.
- Del sitio de la obra; dependiendo del lugar de la obra, será el costo, ya que existen "zonas económicas", es decir zonas en el que el costo de la vida es menor que en otras.
- De la importancia del trabajo realizado; es decir, si el trabajo urge, al disminuir el tiempo aumenta el costo y viceversa.
- De la buena reputación profesional del contratista; la experiencia de éste tiene un costo, al igual que sus conocimientos y fama.
- Imprevistos; dependiendo de la magnitud de la obra, serán los imprevistos, y dependiendo del tamaño de éstos serán los costos.
- Competencia (oferta); esta es una ley natural, cuando mayores sean la competencia y oferta, menores serán los costos.

- Demanda; también es una ley natural, cuando mayor sea la demanda, mayores serán los costos y viceversa.
- Rendimientos; el costo depende del rendimiento de las personas y equipo.

Siempre que se trate de costos también se puede hacer referencia a la utilidad del contratista. La forma de un contrato puede ser:

- Precio alzado.
- Precio unitario.
- Administración.

El pago a precio alzado de la obra es una forma de pago muy común en el mundo, ya que el dueño paga por concepto hecho en obra, es decir al dueño sólo le interesan construcciones terminadas, no lo que va a costa cada actividad o insumos de la construcción, por ejemplo, si alguien quiere construir un hotel, al contratar una constructora por precio alzado, significa que el dueño va a pedir cotizaciones por construcciones ya hechas. Estas pueden ser: cuartos, tiendas, restaurantes, etc., basadas en los planos y condiciones que el proporciona. Las compañías que cotizan ganarán la obra por el precio más bajo, sin importarle al dueño los precios por actividades o insumos de la construcción.

El pago por precio unitario es el medio legal más común usado en México, debido a que un contrato a precios unitarios permite ajustes del proyecto sin variar la esencia del contrato original. Puede suceder que cuando el contratante decide construir no tiene todo el dinero necesario para la obra, se podría decir que construye por partes. Utilizando el ejemplo anterior, el dueño al pedir cotizaciones a las compañías quiere que la construcción del hotel esté desglosada por partes, es decir costos de metro cuadrado de pintura, de obra, de acabados, etc.

Los gastos por administración y dirección técnica realizada por la constructora, se pagan en base a un porcentaje de los gastos totales de materiales, mano de obra y equipos que se utilicen durante la ejecución de la obra.

El dueño paga una cantidad fija (salario), a todas las personas que laboran en la obra. Por ejemplo; el dueño del hotel paga los salarios del personal de una constructora para que lo construya. Los materiales por lo general los compra el dueño, y corre los riesgos de la construcción, es decir él es el responsable de los imprevistos y el que tiene que pagar el incremento de los costos que sucedan en dicha obra.

En las dos primeras formas de contratación existen tres tipos de pago:

- Anticipo.
- Parcial.
- Liquidación o finiquito.

El anticipo de la obra es casi siempre del 10% de la cantidad total del contrato para el inicio de la obra, y 20% de la cantidad total del contrato para comprar los materiales necesarios para empezar ésta.

Este anticipo tiene como consecuencia, que cada pago parcial habrá de amortizarse. Los pagos parciales se basan en las estimaciones, éstas son el medio legal más común por el cual el contratista puede cobrar un monto determinado que puede corresponder a la cantidad de obra ejecutada. Las estimaciones dependen de números llamados generadores que son propiamente la cantidad de obra hecha del proyecto o del plano. Esta cantidad de obra real debe compararse con la cantidad de obra programada.

La liquidación o finiquito, es el último pago que hace el contratante al contratista para saldar el precio de la construcción de la obra. Este pago se basa en un ajuste final del cálculo del precio total de la obra descrito en el contrato, este ajuste se obtiene de la diferencia del anticipo y los pagos parciales del precio total de la obra.

En un contrato de ingeniería civil, la manera más común

de mostrar el objetivo de la obra es por medio de los planos. Los planos sintetizan los datos relativos a un proyecto, y los muestran gráficamente.

Existen diferentes tipos de contratos de construcción; contratos de diseño arquitectónico, de diseño estructural, de instalación eléctrica, de instalación hidro-sanitaria, etc. Cada tipo de contrato debe de tener su plano y especificaciones, por lo que es importante saber que son las especificaciones así como lo que debe tener un plano y por consiguiente un contrato.

En la elaboración de los planos para el contrato, hay que distinguir los siguientes pasos:

- 1.- Definir los alcances del plano.
- 2.- Recopilación de la información que ha de asentarse.
- 3.- Ordenar la información (metodología, escala, material).
- 4.- Control del plano (metodología y claves).
- 5.- Dibujo.
- 6.- Correcciones y ajustes.

Cuando se dibuja un plano debe de tomarse en cuenta sus requisitos indispensables y su dimensionamiento. los requisitos indispensables son; letrero, ejes, cotas, niveles y pendientes, escalas, etc. Su dimensionamiento se debe basar en una escala.

El contenido de un plano debe analizarse para comprobar que es congruente y completo, para poder hacer éste análisis es necesario conocer las características de cada tipo de plano en particular.

Especificar es el precisar o describir con todo detalle un concepto ó actividad del proceso constructivo de la cual se puede presentar alguna duda si no se aclara totalmente. Las especificaciones se dividen en tres tipos: escritas, bidimensionales y tridimensionales.

Las especificaciones escritas son notas aclaratorias al proceso constructivo que debe seguir una obra.

Las especificaciones bidimensionales son dibujos que se presentan anexos a los planos para despejar cualquier duda que pudiera surgir si se cuantifica un plano sin detalles.

Por último, las especificaciones tridimensionales se refieren a maquetas, modelos a escala, muestras físicas y otros elementos que ocupen un lugar en el espacio, que sirvan para describir la obra que se desea realizar.

Los conceptos que se van a especificar deben de tener una serie de datos generales para poder localizarlos en un tabulador de precios, para posteriormente definir el precio

unitario. Tales datos generales son:

- Clase, calidad y resistencia del material.
- Condiciones de trabajo (suelo seco o saturado, zona urbana o suburbana, planta baja o niveles subsiguientes, etc.).
- Datos de proyecto (hechura de concretos, requerimientos de limpieza y control de calidad en materiales, etc.).
- Unidad en que se va a cuantificar.
- Condiciones de trabajo.
- Dimensionamiento del concepto que se va a ejecutar.
- Resistencia del elemento por construir.
- Cuantificación a considerar para fines de pago.
- Normas, pruebas y tolerancias.

Por ejemplo, el concepto duela 1"x4"x8.25', al especificarse sus datos generales son; como calidad pino de tercera, la unidad en que se cuantifica es el pie tablón, sus dimensiones ya fueron especificadas, etc.

Las especificaciones de los conceptos se escriben en los costos unitarios y a veces pueden llegar a escribirse en los planos, a diferencia de las especificaciones de las actividades que por lo general se escriben en los planos únicamente.

La manera más común de que un contratista obtenga un contrato de una obra mediana o grande es por medio de un

concurso. Este viene siendo como uno de los recursos para que el contratante obtenga en igualdad de condiciones una propuesta conveniente a su interés. Algunos puntos importantes son:

- El primer paso de un concurso es publicar una convocatoria clara y precisa.
- Si el concurso es por invitación, los contratistas deben ser semejantes en calidad, capacidad financiera y volumen de obras construidas.
- El tiempo para presentar una propuesta debe ser razonable, al igual que el tiempo sugerido para la construcción.
- El contratante debe asegurarse de tener fondos (financiamiento) suficientes para la completa realización de la obra.
- Debe existir un término que garantice un reajuste debido a cambios importantes de precios, de materiales y mano de obra (inflación).

CAPITULO II

PROGRAMA- CION DE LA OBRA

II PROGRAMACION DE LA OBRA.

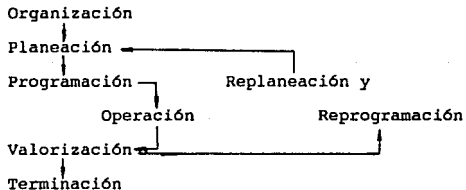
Un programa es aquel plan que tiene un objetivo o unos sub-objetivos por cumplir, con una duración, recursos limitados y bien definidos. Es la generación de una idea por un individuo o una organización, que tuvo que ser planeada para su ejecución, así como replaneada y reprogramada para poder ser controlada y de ésta manera tener éxito.

La planeación se inicia fijando una meta, requisitos y especificaciones, éstos deben de ser claros y precisos.

La programación de las planeaciones es eficiente si se sigue correctamente y sirve para solucionar problemas complicados que requieren soluciones rápidas y eficaces. Como ejemplo se tomará al hombre de las cavernas que para solucionar su problema de refugio, buscaba una cueva o lo construía de ramas, no existía burocracia, ni permisos, ni papeleo. Hoy en día para hacer su refugio, tendría que organizar a otras personas, organizar la compra de diversos materiales, organizar el pago de permisos e impuestos, etc. Esto se puede tomar como referencia en construcciones mayores y complicadas.

Se necesita un programa para que se pueda controlar el mayor numero de variables, se puede decir que es el precio del progreso.

Un proyecto y objetivo de la obra se basa en resultados e implica cambios en la forma tradicional de hacer las cosas. En obras grandes suele dividirse en estudio, anteproyecto, proyecto, proyecto definitivo y proyecto ejecutivo. Para realizar un buen proyecto se deben de seguir las siguientes fases:



Para su organización o planeación un proyecto se divide en partes o divisiones de trabajo en obra (capítulo I). La planeación vincula entre si las tareas y organizaciones del proyecto. La programación detalla a ésta en cada una de las actividades que se van a realizar quedando definidas por un calendario, en otras palabras una programación sirve para calcular que es lo que se va a suceder. En una obra pueden distinguirse 4 tipos de programaciones:

- Programa de transporte y/o acarreo.
- Programa de insumos.
- Programa de almacén.

- Programa de actividades.

Siendo éstos dependientes entre sí.

Una programación toma tiempo y tiene un costo, el cual puede ser alto, como ejemplo se puede tomar la presa de Santiago Nayarit, su planeación llevó catorce años de estudio.

En este capítulo se explicará como programar, ejecutar, valorizar, reprogramar y replanear una planeación. En todo proyecto que se ejecute, generalmente se necesitará hacer cambios, esto no debe ser razón de preocupación porque los proyectos se hicieron para enfrentar situaciones en las que existe incertidumbre y complejidad.

Por lo general en México el cliente casi siempre requiere que se cambie algo del proyecto después de que se han hecho y puesto en práctica los planes. Por lo que es necesario analizar cada cambio, así como definir su impacto en los planes del proyecto.

Hacer frente a los cambios constantes en un proyecto, se considera como la prueba más difícil del éxito de éste. Un proyecto debe ser rentable, es decir el beneficio debe ser mayor que el costo.

Un programa es una buena forma para lograr que se hagan las tareas en una obra, reduce los costos y mejora la eficiencia, el trabajo se termina en la fecha programada y de acuerdo con los planes y presupuestos originales, es decir se tiene una gran capacidad para reaccionar ante los problemas, y para efectuar los cambios necesarios, reduce las demoras y los excedentes de costos.

El tener un sistema computarizado que maneje procesos de datos no solucionaría por sí mismo los problemas de obra, si no se tuviera una planeación por proyectos.

El costo de implantar una programación de actividades es alrededor del 1% al 5% total de la obra. El porcentaje es relativamente alto en proyectos pequeños o complicados, pero la ventaja reside que en casi todos los casos si no se hubiera considerado una programación de las actividades, el costo total de dicha obra hubiera superado considerablemente el 5%.

La programación de actividades tiene muchas y diversas aplicaciones; en empresas privadas, en el gobierno y en organizaciones grandes, medianas ó pequeñas que tengan tareas ó actividades que duren varias semanas, meses o años. La industria de la construcción es la que más usa esta programación.

Dicha programación se puede considerar como una técnica eficaz, pero es indispensable usarla con habilidad y cuidado, porque aunque parezca sencilla en sus conceptos, su aplicación puede ser complicada, y si se trata con torpeza o se ejecuta mal, el usarla puede ser peor que no usarla, debido a que se crearán conflictos, confusiones y costos adicionales.

II.1 REDES: SUS USOS Y VENTAJAS

II.1 REDES: SUS USOS Y VENTAJAS

Una red es un recurso para programar y controlar las actividades que integran un proceso, es decir es una metodología que proporciona un modelo de las tareas necesarias para llevar a cabo los objetivos, dicha red proporciona los medios para:

- Planear proyectos, de modo que puedan evaluarse las metas en términos de costo y tiempo.
- Controla los proyectos de tal manera que tan pronto como el funcionamiento real empiece a cambiar del plan original, pueda procederse a proponer la solución que sea necesaria.
- Proporciona un medio de comunicación entre los diferentes departamentos y compañías involucradas en determinado proyecto.
- Forma una disciplina en la organización mediante la implantación de las divisiones de trabajo.
- Mejora la calidad de la estimación y el cumplimiento del objetivo de la obra.

El análisis de red se creó en U.S.A. en 1957, año en el que también se publicaron sus resultados, dicho análisis puede aplicarse no sólo a la construcción sino a todo aquel proyecto que involucre precios, fechas de inicio y término. Se considera muy útil cuando debe de llevarse a cabo gran número de tareas interrelacionadas, cualquiera de las cuales

puede ocurrir simultáneamente. Un diagrama de red representa gráficamente las distintas tareas o actividades que deben de llevarse a cabo.

Los primeros métodos que se crearon fueron el PERT (PROGRAM EVALUATION AND REVIEW TECHNIQUE) y el CPM (CRITICAL PATH METHOD).

El PERT fue creado por la oficina de proyectos especiales del departamento de marina de U.S.A., con el fin de planear y controlar el diseño y desarrollo del proyecto del misil Polaris, debido a la considerable cantidad de investigación y desarrollo necesarios. Se cree que esta técnica ahorró dos años en la fecha de terminación. Una vez evaluados los resultados fue adoptada por diferentes departamentos de gobierno de U.S.A., como requisito estandard en la mayoría de los proyectos grandes.

El PERT se basó en la perfecta sincronización de la terminación de ciertas fases dentro del proyecto, lo que más se consideró fue el hacer las cosas bien en el menor tiempo posible, sin tomar en cuenta el costo que esto representaba. Es decir, lo que más importó fue terminar el proyecto del misil Polaris en el menor tiempo posible, sin importar el costo.

El CPM mejor conocido como ruta crítica fue creado en

el mismo tiempo que el anterior por la compañía norteamericana de productos químicos DU PONT DE NEMOURS con el objetivo de controlar el trabajo que se requería para efectuar una revisión completa de los trabajos de reparación necesarios en dicha planta química.

Aquí lo que más se consideró fue que los costos generales fueran mínimos. Al reducir el tiempo de las tareas críticas (sin holgura), se tuvo que recurrir a costos extras de mano de obra, materiales y maquinaria. Pero en contra de esto pudo evaluarse el ahorro de tiempo real de la planta en términos económicos, y luego compararse con el aumento en los costos debido al acortamiento de las tareas críticas, pudiendo así finalmente obtenerse un programa de costo mínimo.

La gráfica de la figura 2.1 ilustra la forma en que estas relaciones proporcionan una solución óptima.

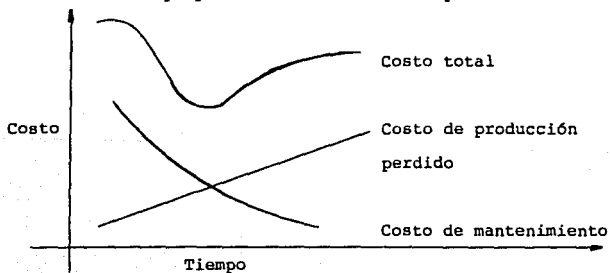


figura 2.1

La diferencia básica entre PERT y CPM, se haya en los objetivos que se tratan de alcanzar con su aplicación. Mediante el uso del PERT la marina norteamericana pretendía primordialmente reducir la duración del proyecto Polaris, sea cual fuera el costo. Por otra parte, la DU PONT, usaba el CPM para recortar los costos generales de los trabajos de reparación generales de la planta.

Hoy en día el uso de redes se ha expandido tanto en técnicas diversas para la preparación de una red, como en las aplicaciones que se le pueden dar.

Casi todos los métodos se basan en el PERT y CPM, sólo que con diversas variantes, para proporcionar una mayor sofisticación.

Entre las diversas variantes de técnicas tenemos:

- PEP (Program evaluation procedure), significa procedimiento de evaluación de programa y sirve para manejar de una forma las constricciones de recursos que pueden afectar la planeación de la obra.
- CPA (Critical path análisis), significa análisis de ruta crítica y hace una combinación de ésta con el diagrama de barras.
- LESS (Least-cost estimating and scheduling), significa

estimación y programación de costo mínimo, éste metodo fue desarrollado por una marca comercial de computadoras y se invento para facilitar el uso del CPM en éstas.

Tales métodos se basaron principalmente en el uso de la red para hacer mínimo el tiempo que toma el completar proyectos y evaluar los costos asociados. Algunos años después de la creación del PERT y CPM, se uso por primera vez una mejora particular en la preparación de un programa de red. Este fue creado por una comisión franco-inglesa y se conoce como MPM (METRA POTENTIALS METHOD) en Francia y CEGB (DIAGRAMAS DE PRECEDENCIA) en Inglaterra. El MPM es el más conocido, y en español significa método de potenciales. Este método usa diferentes convencionalismos a los utilizados en el PERT y CPM. El método MPM se describira en el punto II.2.

En la construcción civil, el método más usado es el de la ruta crítica o CPM, ya que lo que se desea en una obra es abatir los costos. En dicha ruta las tareas se representan por líneas en forma de flecha, cada una de las cuales empieza y termina en un punto de tiempo identificable, estas se llaman actividades y son las acciones necesarias para completar un proyecto. Los puntos se denominan eventos y por lo general, se les representa como círculos en el diagrama, un evento tiene lugar en un punto preciso en el tiempo y se

haya asociado con una actividad para delinear un logro dentro de la terminación de un proyecto. El inicio y terminación de una actividad son eventos, la red muestra gráficamente las diferentes relaciones entre actividades y eventos. Ver figura 2.2.

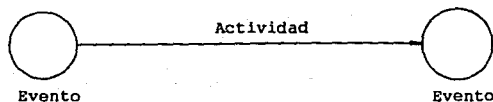


figura 2.2

Es aquí donde la división de trabajo considerada en el capítulo anterior, sirve de gran ayuda, ya que dicha división funciona como referencia en la planeación y uso posterior de la ruta crítica.

Con la división de trabajo es muy rápido y fácil de cambiar y comparar pocas actividades, pero no funciona si se requiere tener un gran detalle y control de muchas de ellas, pues no permite una minuciosa valorización de métodos alternativos para completar el proyecto, ni una identificación de la ruta crítica y por lo tanto de las holguras de las actividades, por lo que se hace necesario hacer una red con el método de la ruta crítica.

Esto no significa que para hacer una red sea necesario crear una división del trabajo como la descrita en el capítulo anterior, debe aclararse que dicha división debe

ser sólo una ayuda para la buena creación de una ruta crítica ya que dicha ruta crítica si bien permite una valorización muy completa no es tan fácil de cambiar como una división del trabajo de obra.

La ruta crítica tiene la ventaja que muestra rápidamente las actividades o tareas que son críticas para el buen término de los objetivos generales de la obra y es flexible en los tiempos de aquellas actividades que no sean críticas. También resulta fácil evaluar los cambios necesarios en la obra, cuando se toma una decisión para modificar las actividades o cuando alguna actividad en su ejecución práctica no cumplió con su tiempo.

Lo negativo de la ruta crítica es que no proporciona cierta flexibilidad en la representación de las actividades, es decir para una obra grande que involucra muchas actividades resulta difícil recordar todas las actividades subsecuentes que se verán afectadas por un cambio en la duración de cualquiera de ellas.

Resumiendo, se puede decir que cuando existen muchas actividades, algunas de las cuales tienen lugar al mismo tiempo, en donde cada una representa una posibilidad de cambio en los tiempos reales, los problemas de control y de asignación de recursos se tornan sumamente difíciles de manejar.

Las redes pueden aplicarse tanto a proyectos pequeños como a grandes, y en algunas ocasiones no es necesario tener una computadora (dependiendo del número de variables). Por regla general se puede tomar que aquellas obras que involucren más de 20 actividades definidas pueden beneficiarse con el análisis de red. Los principios básicos del análisis de red son en extremo simples y no implican técnicas matemáticas muy avanzadas.

Debe aclararse que el análisis de red no es una panacea; no resuelve todos los problemas y todavía existe una gran área en las que se deben de tomar decisiones humanas, ya que el análisis de red no hace directamente la planeación, sino que solamente es una herramienta para usarla en dicha planeación.

Para una buena planeación de obra, lo primero que se debe hacer es la división del trabajo en obra, una vez que se vea cierta secuencia lógica se traza la red; se hace la ruta crítica y luego los diagramas de Gantt.

Aún cuando existiera el caso de que un proyecto está funcionando sin una red, todavía se puede trazar una, de tal forma que se comienza partiendo de la situación que existiera en ese momento.

Como ya se vio, en la preparación de una red se requieren de dos elementos básicos; actividades y eventos, pero las características más importantes de una red es definir las relaciones lógicas entre éstas.

Tales relaciones lógicas permiten la identificación de actividades que son críticas para el logro de los objetivos; y facilitan un análisis rápido del efecto de las demoras de las actividades no críticas, permitiendo una disminución en los recursos asignados.

Existen dos tipos de relaciones lógicas; la lógica estricta y la lógica impuesta. La primera es exigida por la secuencia natural de los eventos, la cual es imposible de alterar, por ejemplo para poner el techo, hay que poner las columnas. Por otra parte, la segunda representa una práctica normal dentro de un proyecto u obra, y por lo general es autoimpuesta (hábito o costumbre del lugar), por ejemplo para hacer un piso tiene que estar hecho el techo de una obra. Estas relaciones lógicas son independientes del tiempo y de los recursos con los que se cuenta. Al terminar éstas será necesario hacer cambios en el plano.

Algunos autores recomiendan tener dos redes, una que desglose al proyecto general en algunas actividades y otra que subdivida a cada actividad de la primera red, lográndose un mayor detalle. En caso de un proyecto grande estas redes

de segundo nivel serían también de carácter hasta cierto punto general y tienen la representación de aproximadamente 100 a 400 actividades.

Dependiendo del tamaño del proyecto puede haber dos, tres o más niveles de red, desglosando todas las actividades hasta resultar cada vez más detalladas. El grado de detalle en que se subdividen las actividades, es cuestión de juicio, deben de mantenerse con tanta simplicidad como sea posible. En ocasiones cada subdivisión parecerá como si fuera independiente. No es recomendable desperdiciar tiempo y recursos económicos en actividades que no tienen importancia en relación con el logro general de los objetivos. Un proyecto pequeño probablemente se pueda diseñar como una sola red, basada de 10 a 50 actividades.

Una vez que se han especificado las actividades, eventos y relaciones lógicas deben determinarse las relaciones de los eventos con el tiempo. Sólo así, será posible indicar los recursos que se requieren en diferentes momentos, las fechas de terminación y la información contra la cual puede controlarse el progreso real.

Al principio es necesario estimar el tiempo que cada actividad requiere, este tiempo se basa en el buen juicio de quien lo prepare, pero cuando se amplian los detalles, debe tratarse que los estimados de duración sean más exactos.

El tiempo estimado depende en gran parte de la asignación de recursos, es en este punto donde la experiencia toma importancia.

Para hacer una estimación de tiempo debe tomarse una decisión en cuanto a la unidad de tiempo que se ha de utilizar (horas, días, semanas, meses, años, etc.). Una vez hecho esto todos los estimados deben expresarse en base a una unidad, esta unidad de tiempo depende de la duración de las actividades.

Resumiendo, se puede decir que el análisis de red depende de:

- a) Las actividades necesarias para lograr los objetivos en la división de trabajo.
- b) Las relaciones lógicas entre las actividades.
- c) Las duraciones estimadas de las actividades.
- d) Los recursos que se han supuesto necesarios para dar a buen término las actividades en el tiempo estimado.

11.2 ANALISIS DE LA RED

II.2 ANALISIS DE LA RED

Una red consiste en un conjunto de flechas eslabonadas en secuencia lógica y de acuerdo con las características de las actividades del proyecto, dichas flechas representan una secuencia física de las actividades. El dibujo del diagrama de la red, permite una fácil valorización de la duración y de la flexibilidad de las actividades. Una red consta principalmente de:

- Dibujo del diagrama.
- Obtención de la ruta crítica.
- Cálculo de holguras.
- Balanceo de la red de acuerdo con los recursos disponibles.

Para hacer una secuencia lógica, se tendrá que recurrir a actividades ficticias. Estas se representan por flechas quebradas, con la dirección de la junta basada en el mismo principio que para las actividades normales, es decir la cola de la flecha arranca de un evento que debe de completarse antes de que pueda tener lugar la actividad ficticia y la punta de esta indica el evento que sigue a esta actividad. La actividad en si, no tiene duración ni necesita recursos. Por ejemplo: suponiendo que se tengan las siguientes actividades para hacer un baño.

- 8.- Obtener el lavabo.
- 12.- Instalar plomería.
- 22.- Instalar lavabo.
- 24.- Construir muros del baño.
- 25.- Poner mosaico.

Tendríamos:

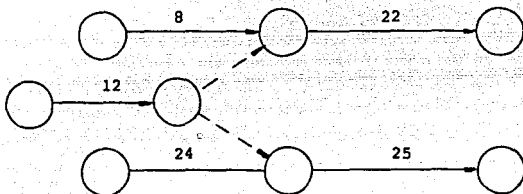


Figura 2.3

Las condiciones son tales que las actividades 22 y 25 no pueden iniciarse hasta que se complete la actividad 12, pero cada una de ellas puede empezar independientemente, tan pronto como la actividad 12 y las otras actividades conexas 8 y 24 queden completas. Ver-figura 2.3.

Muchos proyectos incluyen 2 actividades, en donde la segunda no puede iniciarse sino hasta después de que se haya iniciado la primera; pero puede empezar antes de que se termine el proyecto. Por ejemplo: El hacer una zapata corrida tiene que seguir de realizar una excavación en zanja; pero una vez que se ha llevado a cabo algún trabajo

de excavación de zanja puede iniciarse el trabajo de la zapata, y continuarse conforme se vayan haciendo más excavaciones. Ver figura 2.4.

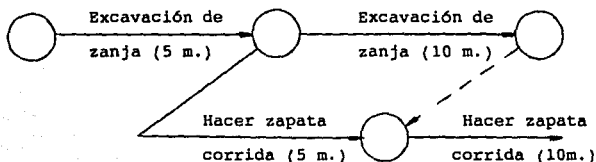


Figura 2.4

El dibujo de un diagrama se vuelve complejo cuando un número de actividades subsecuentes puede tener lugar poco tiempo después del inicio de las actividades anteriores. Un método de dibujar actividades paralelas es en escalera. Ver figura 2.5.

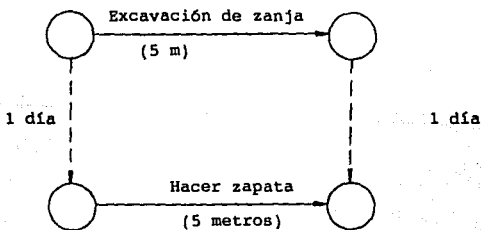


figura 2.5

Las actividades eslabonadas en el diagrama anterior, representan una secuencia que se traduce como una demora de tiempo. Esto quiere decir que existe una demora de un día entre iniciar la zapata e iniciar a excavar la zanja. Ver figura 2.5.

Una vez que se ha diseñado la red cada evento debe numerarse. Para establecer la numeración se pueden utilizar números al azar, pero lo recomendable es seguir un cierto orden para facilitar el entendimiento del análisis de la red, este orden se basa en:

- Los números por evento deben ser únicos
- El número de un evento debe ser más alto que el de sus anteriores.
- Debe dejarse "espacio" en la secuencia de la numeración de eventos, a fin de permitir subsecuentemente la inserción de actividades.
- Debe procurarse que las flechas apunten de izquierda a derecha, manteniéndolas horizontales, aún si es necesario utilizar quiebres, pero nunca utilizar flechas curvas y evitar que se crucen entre si.
- Debe evitarse trazar flechas ficticias de sobra si la secuencia ya está determinada lógicamente.

Un método de numeración usado comúnmente es el de D.R. Fulkerson, este consiste en:

- 1.- El evento inicial (sin actividades anteriores) siempre será el número uno.
- 2.- Después se toma al evento inicial como si no existiera, es decir como si volviéramos a empezar y se toman en consideración todas las flechas subsecuentes.
- 3.- Esto ocasionará que los eventos que apuntan las flechas, se consideren eventos "iniciales" (sin actividades previas). A estos se les pondrá una secuencia numérica, sin importar el orden.
- 4.- Después se toma a los eventos "iniciales" como si no existieran, repitiéndose el paso 2 y 3 hasta llegar al evento final.

Posibles errores en una red:

- Dejar una actividad o evento sin una actividad anterior o subsecuente, claro está que sin tomar en cuenta la del principio o término del proyecto.
- Iniciar una actividad sin que se hayan terminado todas las actividades que concurran a ella, ya sean reales o ficticias.

En el punto II.1 se mencionó el método de potenciales MPM (METRA POTENTIALS METHOD). En dicha red las actividades se representan con cuadros; mientras que las flechas representan la interdependencia lógica de las actividades,

su ventaja reside en que no se requieren actividades ficticias para mantener la lógica. Ver figura 2.5.

Las restricciones de avance y retraso pueden representarse mediante la colocación de flechas relativas a las actividades. Es decir si la flecha termina a la izquierda del evento de la actividad, se considera que es una continuidad del inicio. Si termina arriba o abajo de la actividad, la continuidad se encuentra entre la terminación de una actividad y el final de la siguiente. Ver figura 2.5.

DIAGRAMA DE FLECHAS

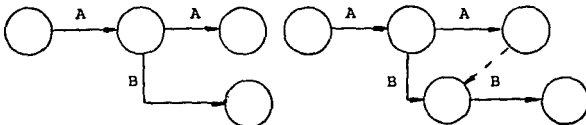


DIAGRAMA MPM



Este método se está usando cada vez con mayor frecuencia en la actualidad debido a sus ventajas sobre las redes de flechas y círculos. Debido a que no se necesitan actividades ficticias, se pueden insertar actividades independientemente de las posiciones de otras, la

representación de las actividades es mas fácil de entender que el concepto de flechas.

La desventaja principal de las redes MPM, es que se eliminan eventos o actividades y si bien esto simplifica la red existen muchas aplicaciones en que los eventos son de mucha importancia.

El diagrama de red proporciona una disciplina que especifica el objetivo y sub-objetivos de un proyecto y sus actividades involucradas. Sin embargo dicha red no se puede planear y controlar ya que por el momento sólo posee una lista de secuencias.

Para poder planear y controlar las actividades es necesario determinar los tiempos de los eventos y actividades involucradas. Este análisis identificará aquellas actividades críticas. Estas son aquéllas que no pueden programarse otra vez en cuanto a momentos de iniciación, duración y terminación. Si se logra reducir su tiempo, se acortará la duración general de la obra, y viceversa.

Las actividades que no son críticas se deben de analizar para saber la flexibilidad en tiempos y duraciones de la obra, es decir se debe saber como variar su programación sin afectar el tiempo total que tomará

terminarla.

Dichos eventos no críticos tienen diferentes fechas próximas y fechas límites para iniciar y terminar la obra, por estas diferencias puede demorarse la terminación de las actividades anteriores o la iniciación de las subsecuentes, es decir cada actividad no crítica tiene flexibilidad en cuanto a su inicio y/o en cuanto a su terminación, a esto le llamaremos holgura.

La fecha próxima de un evento se determina sumando la duración de una actividad que termina en ese evento a la fecha más próxima del evento que precede a dicha actividad, si son más de una actividad las que lo están precediendo, entonces se sumará la fecha mayor de todos los eventos que la preceden.

Cuando se ha determinado la fecha próxima en la que puede terminarse un proyecto, es posible determinar la fecha remota o límite que deben tener los eventos, de modo que la duración total de la obra no exceda esa fecha.

La fecha límite para un evento se determina a partir de la fecha de terminación total del proyecto, restando la duración del evento anterior. Si a partir de tal evento se están iniciando varias actividades, la menor de las últimas fechas de inicio de ellas, será la fecha límite en que debe

tener lugar tal evento. En la fecha de terminación del proyecto la fecha límite del evento es la misma que la fecha próxima, por lo que resulta una actividad crítica.

Los cálculos totales de duración de obra se comprueban automáticamente a la terminación de las fechas límite de los eventos, puesto que la fecha límite del evento inicial debe ser cero.

Cuando se analicen los tiempos de los eventos, las fechas próximas y las límite de algunos de ellos serán las mismas. Cada una de estas fechas debe, por lo tanto, ocurrir en una fecha determinada de tiempo después de empezar el proyecto, como se mencionó anteriormente los eventos se califican de críticos debido a que no hay flexibilidad en el tiempo en el que tienen lugar. Las actividades entre dos eventos críticos son también actividades críticas, a excepción de aquellas cuya duración es inferior a la diferencia entre los tiempos del evento inicial y el evento final.

El primer evento siempre será crítico, ya que tanto la fecha próxima como la fecha límite son cero. En toda la red cuando menos habrá una ruta crítica, sin embargo puede haber más de una y ésta puede pasar a través de una actividad ficticia.

En la ingeniería civil se puede decir que existen "prioridades de construcción". Entre estas tenemos a las casas-habitación, que en la actualidad debido a la crisis económica, se han tenido que reducir y buscar materiales de construcción más baratos, estas casas que en realidad bienen siendo departamentos constituyen una prioridad, ya que si se recuerdan las necesidades primarias de cualquier persona tenemos a la casa-habitación como una de ellas.

Es por ésto que se tomará como ejemplo la programación de la construcción de 136 casas-habitación, para entregar en 11 meses. Este ejemplo se escogió por que es una obra, con características de sencillez, economía y por ser más fácil de identificar en lugar de obras complejas como presas, etc.

Así mismo se considera una construcción mediana, debido a que todas las casas son iguales. Por otra parte por su brevedad de diseño, de conceptos, actividades y de recursos, sirve como referencia para compararla con obras medianas y grandes.

Los 136 departamentos estarán agrupados en 34 unidades habitacionales, teniéndose como resultado que cada unidad consté de 4 departamentos. Para captar mejor la obra, en las siguientes páginas se muestran los planos y las cantidades de materiales.

LISTA DE ACTIVIDADES POR UNIDAD (4 CASAS)

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD DE LA OBRA	CANTIDAD/ POR UNIDAD
Obras Preliminares			
Trazo y nivelación	m ²	4,158.54	122.31
Cimentación y Dalas de desplante			
Excavación de cepas para cimentación	m ³	1,654.02	48.65
Cimientos de piedra	m ³	1,095.91	32.23
Tapada de cepas	m ³	558.11	16.42
Terracería para recibir piso en P.B.	m ³	488.92	14.38
Acarreo de material excedente/excav.	m ³	609.99	17.94
Acero de refuerzo en dala/desplante	m	3,334.13	98.06
Cimbra en dala de desplante	m	1,417.63	41.70
Concreto en dala de desplante	m ²	99.28	2.92
Impermeabilización en dala/desplante	m	3,309.90	97.35
Muros, Castillos y Cerramientos Planta Baja			
Acero de refuerzo en castillos P.B.	m	2,975.00	87.50
Muro de tabique P.B.	m ²	5,329.16	156.74
Concreto en castillos P.B.	m ³	82.28	2.42
Instalación sanitaria P.B.	lote	1.00	0.03
Instalación hidráulica en P.B.	lote	1.00	0.03
Acero/refuerzo en cerramientos P.B.	m	3,902.18	114.77
Cimbra en cerramientos P.B.	m ²	564.03	16.59
Concreto en cerramientos P.B.	m ³	94.58	2.78
Cimbra de castillos P.B.	m ²	1,091.40	32.10
Losa de Entrepiso			
Cimbra losa plana	m ²	495.72	14.58
Acero/refuerzo/losa plana 1er. nivel	kg	1,982.18	58.30
Acero/refuerzo/vigueta y bovedilla	m ²	3,032.89	89.20
Instalación eléctrica 1er. nivel.	lote	1.00	0.03
Instalación sanitaria P.A.	lote	1.00	0.03
Concreto losa 1er. nivel	m ³	167.28	4.92
Piso en planta baja			
Piso pulido losa P.B.	m ²	3,745.00	110.15
Piso escobillado P.B.	m ²	164.91	4.85
Piso en planta baja			
Piso pulido losa P.A.	m ²	3,745.00	110.15
Piso escobillado P.A.	m ²	164.91	4.85
Drenajes y Registros			
Escabación para drenaje	m ³	530.40	15.60
Cama para tendido tubo	m ³	40.80	1.20
Tubo de 0.15 (drenaje)	m	680.00	20.00

Tapado de cepas	m ³	506.86	14.91
Registros 60 x 40	pza.	170.00	5.00

Muros, Castillos y Cerramientos Planta Alta

Acero/refuerzo en castillos P.A.	m	2,975.00	87.50
Muro de tabique para P.A.	m ²	5,329.16	156.74
Cimbra en castillos P.A.	m ²	1,091.40	32.10
Concreto en castillos P.A.	m ³	82.28	2.42
Acero de refuerzo/cerramientos P.A.	m	3,755.98	110.47
Cimbra en cerramientos P.A.	m ²	564.03	16.59
Concreto en cerramientos P.A.	m ³	94.58	2.78

Losa de Azotea

Cimbra losa de azotea	m ²	2,862.46	84.19
Frontera losa de azotea	m ²	60.25	1.77
Acero de refuerzo en losa de azotea	m ²	3,467.89	102.00
Concreto en losa de azotea	m ³	138.72	4.08
Instalación hidráulica en P.A.	lote	1.00	0.03
Instalación eléctrica en 2o. nivel.	lote	1.00	0.03
Entortado en azotea	m ²	3,118.40	91.72
Chaffán losa de azotea	m	1,643.48	48.34
Impermeabilización azotea	m ²	3,118.40	91.72
Enladrillado en azotea	m ²	3,118.40	91.72

Instalación de herrería, muebles sanitarios, gas, Pretel, Tinaco planta alta

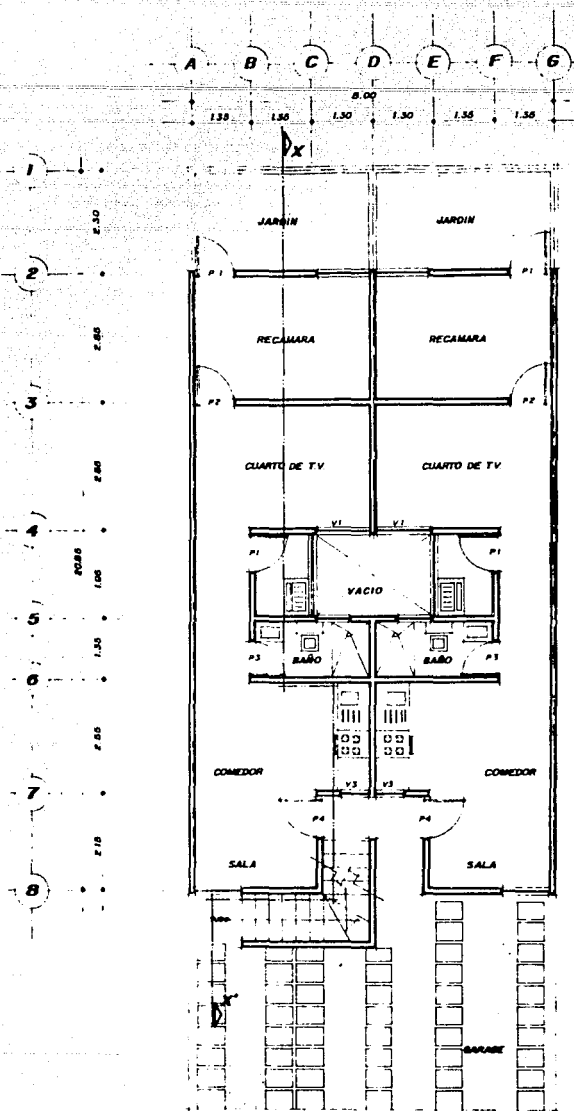
Muro para bases de tinaco	m ²	217.60	6.40
Aplanado para bases para tinaco	m ²	435.20	12.80
Pretel en azotea	m ²	657.39	19.34
Refuerzo de acero en remate/pretil	m	1,643.48	48.34
Cimbra en remate de pretel	m ²	657.39	19.34
Concreto en remate de pretel	m ³	49.30	1.45
Colocación de herrería	m ²	478.04	14.06

Escalera

Cimbra en escalera	m ²	212.16	6.24
Acero de refuerzo en escalera	kg	2,244.00	66.00
Concreto en escalera	m ³	21.08	0.62
Forjado de escalones	pza.	816.00	24.00

Acabados

Impermeab./charolas baños P.A.	m ²	57.12	1.68
Repleno en baños P.A.	m ³	6.80	0.20
Azulejo antiderrapante baños P.A.	m ²	57.12	1.68
Azulejo zona húmeda baños P.A.	m ²	414.46	12.19
Tirol planchado muros F.B.	m ²	7,717.32	226.98
Tirol planchado muros P.A.	m ²	7,717.32	226.98
Tirol planchado en plafones P.A.	m ²	2,976.02	87.53
Tirol planchado en plafones P.B.	m ²	2,976.02	87.53
Aplanado de paredes en exteriores	m ²	5,675.88	166.94



PLANTA BAJA (TIPO) ESC. 1/75



UNIVERSIDAD
LA SALLE

UNIDAD HABITACIONAL

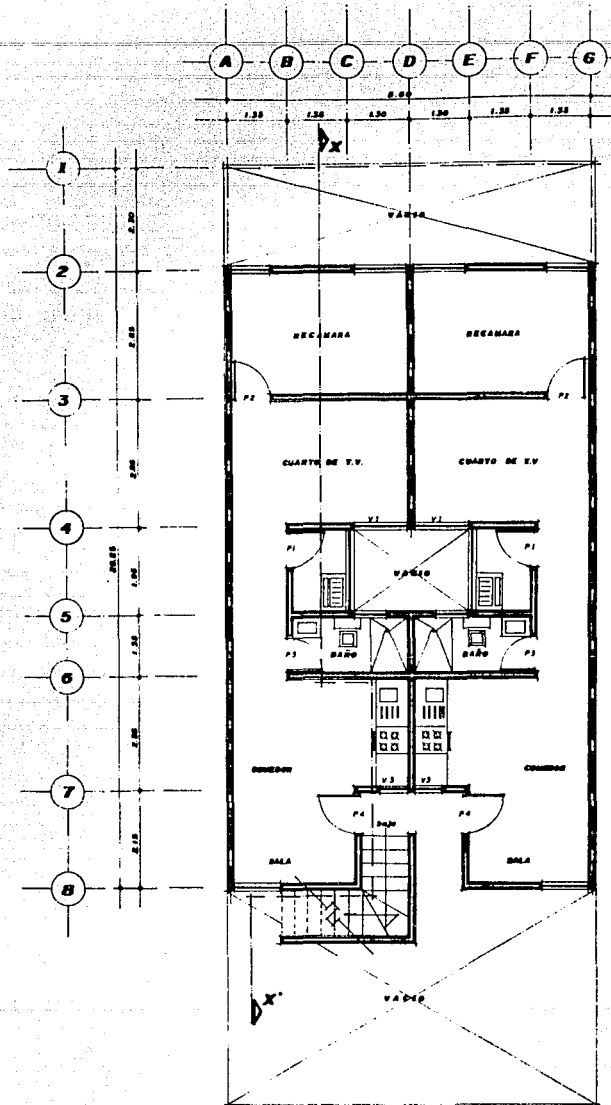
PLANTA BAJA (TIPO)

Fernando Romo Durand

A - 1

TESIS PROFESIONAL

ESCALA 1/75



PLANTA ALTA (TIPO) DC 1-73



**UNIVERSIDAD
LA SALLE**

UNIDAD HABITACIONAL

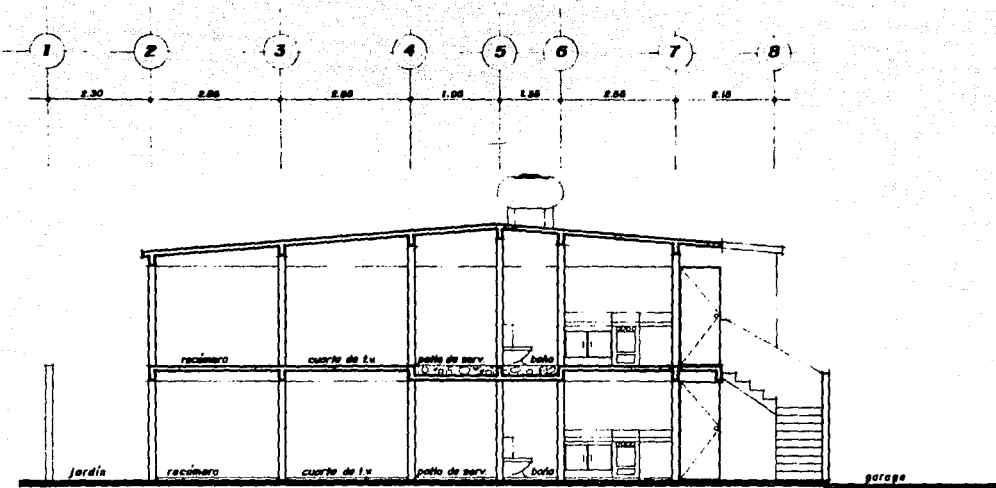
PLANTA ALTA (TIPO)

Fernando Romo Durand

TESIS PROFESIONAL

A - 2

ESCALA 1:75



CORTE X - X' ESC. 1/75



UNIVERSIDAD
LA SALLE

UNIDAD HABITACIONAL CORTE X - X'

Fernando Romo Durand

TESIS PROFESIONAL

A - 3

FIGURA 1: 75

Después de haber analizado lo anterior, como primer paso se calculara el tiempo aproximado en que se hacen las actividades de la unidad habitacional. Por consiguiente una ves evaluados los tiempos, se hará la ruta crítica.

Posteriormente se definirá el numero de frentes necesarios para terminar la obra en 11 meses. Indudablemente una de las soluciones sería atacar simultáneamente las 136 casa y cumplir con el término de la obra con suficiente holgura, más la suma de recursos de mano de obra, materiales, y equipo, que en forma simultanea se requerirían, impediría hacerlo en el plazo y costo pactado.

Si se considera un solo frente de ataque de las 34 unidades programando éstas en serie, la primera unidad la entregaríamos al quinto mes y la última al decimo noveno mes, fecha inaceptable por el cliente. Ver figura 2.7.

Si se considera dos frentes de ataque (17 unidades por frente), se entregarían las primeras dos unidades el quinto mes y las dos últimas en el onceavo mes. Fecha que si es aceptable. Ver figura 2.8.

Debido a la gran cantidad de insumos que se requieren para construir cada unidad habitacional, éste ejemplo se simplificará tomando como referencia a un grupo de

actividades.

El grupo de actividades que se tomará como ejemplo específico es el cimbrado, descimbrado, habilitado, armado, colado e impermeabilizado de una losa aligerada. Las especificaciones y la geometría se proporcionarán a continuación:

- La losa se construye en azotea.
- Los andamios son rentados.
- El concreto es hecho en obra.
- La geometría es la siguiente:

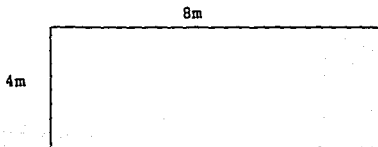


Figura 2.9

En la paginas siguientes se muestran los precios unitarios, la división del trabajo, la tabla de secuencias, la determinación de la duración de las actividades la ruta crítica y el control de obra.

PROGRAMA CON SOLO UN FRENTE

CRASA	M E S E S																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>														
2	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>													
3	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>												
4	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>											
5		>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>										
6			>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>									
7				>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>								
8					>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>							
9						>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>						
10							>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>					
11								>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>				
12									>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>			
13										>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>		
14											>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	
15												>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>
16													>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>
17														>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>
18															>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>
19																>>>>	>>>>	>>>>	>>>>
20																	>>>>	>>>>	>>>>
21																		>>>>	>>>>
22																			>>>>
23																			>>>>
24																			>>>>
25																			>>>>
26																			>>>>
27																			>>>>
28																			>>>>
29																			>>>>
30																			>>>>
31																			>>>>
32																			>>>>
33																			>>>>
34																			>>>>
P.O.	1.5	3.1	4.7	6.3	7.9	7.9	7.9	6.3	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7

NOTA:
 UN CONJUNTO HABITACIONAL ES IGUAL A 4 CRASAS
 P.O. SIGNIFICA PORCENTAJE DE OBRA (AL MES)
 TERMINO DE LA OBRA = UN AÑO SIETE MESES
 FIGURA 2.7

PROGRAMA CON DOS FRENTES

FRENTE:	CONJ:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	1	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
	2	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
	3	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
	4	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
	5	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
	6	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
U	7	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
N	8	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
O	9	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
	10	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
	11	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
	12	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
	13	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
	14	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
	15	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
	16	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
	17	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
	18	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
	19	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
	20	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
	21	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
	22	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
	23	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
	24	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
O	25	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
O	26	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
S	27	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
	28	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
	29	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
	30	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
	31	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
	32	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
	33	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
	34	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
		P.O. 13.28:6.56:19.84:13.11:16.4:16.419.84:18.2 :4.92:1.64:											

NOTA:

UN CONJUNTO HABITACIONAL ES IGUAL A 4 CASAS

P.O. SIGNIFICA PORCENTAJE DE OBRA 1 AL MES:

TERMINO DE LA OBRA = ONCE MESES

FIGURA 2.2

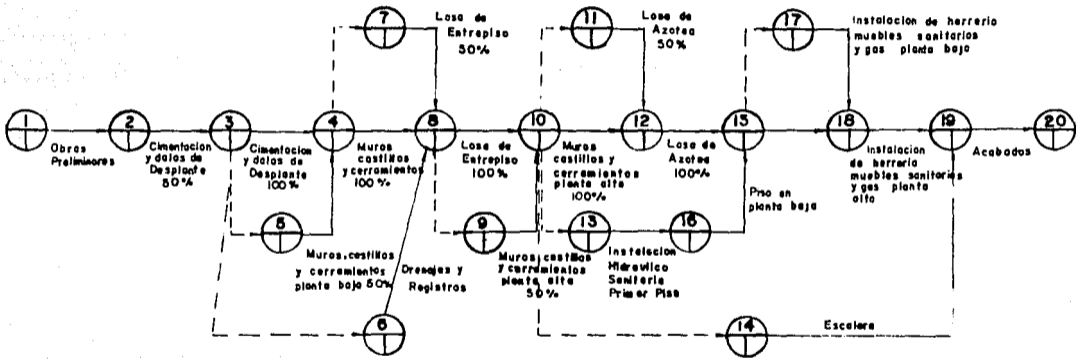
División del Trabajo

Div.	Actividad	Div.	Actividad
A.1	Obras preliminares	A.8	Inst. hidro-sanitaria P.B.
A.2	Cimentación y dalas de desplante	A.9	Piso en planta alta
A.3	Drenajes y registros	A.10	Piso en planta baja
A.4	Muros/castillos/cerramientos P.B.	A.11	Escalera
A.5	Losa de entrepiso	A.12	Instalación de Herreria, muebles sanitarios y gas
A.6	Muros/castillos/cerramientos P.A.	A.13	Acabados
A.7	Losa de azotea		

Tabla de Secuencias

Div.	1-1	Actividad	Nº de Activ.	Activ. Anterior
A.1	1-2	Obras preliminares	1	-
A.2.1	2-3	Cimentación y dalas de desplante 50%	2	1
A.2.2	3-4	Cimentación y dalas de desplante 100%	3	2
A.4.1	5-4	Muros, castillos y cerramientos P.B. 50%	4	2
A.4.2	4-8	Muros, castillos y cerramientos P.B. 100%	5	3,4
A.5.1	7-8	Losa de entrepiso 50%	6	3,4
A.3	6-8	Drenajes y registros	7	2
A.5.2	8-10	Losa de entrepiso 100%	8	5,6,7
A.6.1	9-10	Muros, castillos y cerramientos P.A. 50%	9	5,6,7
A.6.2	10-12	Muros, castillos y cerramientos P.A. 100%	10	8,9
A.7.1	11-12	Losa de azotea 50%	11	8,9
A.7.2	12-15	Losa de azotea 100%	12	10,11
A.8	13-16	Instalació hidro-sanitaria P.B.	13	8,9
A.11	14-19	Escalera	14	8,9
A.9	15-18	Piso en planta alta	15	12,15
A.10	16-15	Piso en planta baja	16	13
A.12.1	17-18	Instalación de Herreria, muebles sanitarios, y gas	17	12,15
A.12.2	18-19	Instalación de Herreria, muebles sanitarios, y gas	18	17
A.13	19-20	Acabados	19	18

**RUTA CRITICA
DE LA
UNIDAD
HABITACIONAL**



PRECIOS UNITARIOS

TESIS PROFESIONAL FERNANDO ROMO
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

78 -

OBRA.....:
UBICACION...:
PROPIETARIO...:
CONTRATISTA.:

NUMERO DE REGISTRO: 119

CLAVE		DESCRIPCION DEL CONCEPTO	RENDIMIENTO		UNIDAD
APE-0005-00		HABILITADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO EN ESTRUCTURA, FY= 4200 KG/CM2, No. 5, DIAMETRO 5/8", INCLUYE: BANCOS, TRASLAPES Y DESPERDICIOS	MAXIMO :	0.25	TON
			NORMAL :	0.30	DESTAJO
			MINIMO :	0.25	146,862.44

REG.	CLAVE	DESCRIPCION DEL CONCEPTO	GENERADOR	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	IMPORTE
MATERIALES								
A	6 MAT-0005-00	ACERO DE REFUERZO FY= 4200 KG/CM2 No. 5 DIAMETRO 5/8"	(1.0000 + 6%	)	TON	1.06000	1,029,660.20	1,091,376.21
A	15 MAT-0014-00	ALAMBRE REDONDO No. 16	(16.0000 + 7%	)	KG	17.12000	1,780.00	30,472.60
								1,121,849.81
MANO DE OBRA								
D	19 MO -0019-00	CUADRILLA No. 19 (1) FIERRESO + 2 AYUDANTES CLASE "B")			TUR	4.00000	60,675.31	242,701.25
								242,701.25
MATERIALES								
B	956 ELM-0075-00	ELEVACION CON MALACATE Y PLUMA, DE 1 TON DE CAPACIDAD, DE ACERO DE REFUERZO, EN ATADOS DE 350 KG, DE NIVEL 0 A NIVEL 5 (PROMEDIO NIVEL 3)			TON	0.55000	40,609.34	22,335.14
								1,144,184.95
TOTAL COSTO DIRECTO/TON								1,386,886.20

.....
 OBRAS.....
 UBICACION...
 PROYECTO...
 CONTRATISTA..

NUMERO DE REGISTRO.: 148

CLAVE	DESCRIPCION DEL CONCEPTO	RENDIMIENTO		UNIDAD			
COE-9013-00	CONCRETO R.N. HECHO EN OBRA VACIADO CON CARRETILLA Y BOTES, F.C. = 200 LB/DIC AGU. MAX. 3/4", EN LOSAS RETICULARES; INCLUYE VIBRADO Y CURADO	MAXIMO :	7.50	DESTAJO 16,088.19			
		NORMAL :	7.00				
		MINIMO :	6.00				
RES.	CLAVE	DESCRIPCION DEL CONCEPTO	GENERADOR CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	I M P O R T E
M A T E R I A L E S							
B	90 FCO-0005-00	CONCRETO F.C. = 200 LB/DIC, RESISTENCIA NORMAL, AGREGADO MAXIMO 3/4", FABRICADO EN OBRA EN REVOLVEDORA DE 1 SACO	(1.0000 + 4%	) MS	1.04000	84,820.02	88,212.82
A	205 MAT-0172-00	AGUA DE TOMA MUNICIPAL	(0.6000 + 20%	) MS	0.72000	1,200.00	936.00
							89,148.82
M A N O D E O B R A							
D	13 MO -0013-00	CUADRILLA No. 12 (1 OFICIAL ALBAÑIL + 5 PEDRES)		TUR	0.14285	109,663.33	15,665.41
B	1 MO -0001-00	CUADRILLA No. 1 (1 PEDR)	(0.02957 x 14 VECES	) TUR	0.39998	16,918.82	6,767.19
							22,432.60
P O R C E N T U A L E S							
C	1700 999-6601-00	ANDAMIOS Y PASARELAS	(1 N.D.	) II	0.04000	22,432.60	897.30
							897.30
C O S T O S H O R A R I O S							
E	2 *AO-0001-00	VIBRADOR PARA CONCRETO DYNAPAC, MOD. M2-KB, MOTOR DE GASOLINA KOHLER, MOD. K-181, 8 HP, 3600 RPM		HR	0.57143	6,546.72	3,740.99
							3,740.99
TOTAL COSTO DIRECTO/MS							116,219.72

ESTA TESIS NO DEBE
 SALIR DE LA BIBLIOTECA

FEL:.....
 OSAS:.....
 UBICACION:..:
 PROPIETARIO:..
 CONTRATISTA:..

NUMERO DE REGISTRO: 462

CLAVE	DESCRIPCION DEL CONCEPTO	RENDIMIENTO	UNIDAD					
CBE-0013-00	CIMBRA COMUN. CON TARIMAS DE OUELA DE 50 X 100 CM, EN LOSAS DE 10 A 20 CM DE PERALTE INCLUYENDO DES-CIMBRADO	MAXIMO : 12.50 NORMAL : 12.50 MINIMO : 10.75	M2 SETAJAO 2,789.29					
REG.	CLAVE	DESCRIPCION DEL CONCEPTO	GENERADOR	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	I M P O R T E
M A T E R I A L E S								
B	442	CYA-0005-00	TARINA DE OUELA PARA CIMBRA, DE 50 CM X 100 CM	PZA	2.00000		2,537.51	5,075.02
A	1785	MAT-1491-00	MADESA DE FINO DE 3/4, DE 1" X 4" X 8.25 (5.5067 + 100/4 USOS)	PT	1.51434		1,610.00	2,438.09
A	1786	MAT-1492-00	MADESA DE FINO DE 3/4, DE 2" X 4" X 8.25 (2.5000 + 100/8 USOS)	PT	0.34375		1,610.00	553.44
A	1787	MAT-1493-00	MADESA DE FINO DE 3/4, DE 4" X 4" X 8.25 (34.4127 + 100/16 USOS)	PT	2.34587		1,610.00	3,809.05
A	19	MAT-0918-00	CLAVO DE 2 1/2"	1 + B	0.29104		1,416.00	412.11
A	20	MAT-0019-00	CLAVO DE 2 1/2"	1 + B	0.10272		1,379.00	141.65
A	778	MAT-0582-00	DIESEL	1 LT	0.60000		388.00	232.80
								12,662.16
M A N O D E O B R A								
D	16	MO -0016-00	CUADRILLA No. 16 (1 CARPINTERO DE OBRA NEGRA + 1 AYUDANTE CLASE "B")	TUR	0.08000		41,030.40	3,282.43
D	16	MO -0016-00	CUADRILLA No. 16 (1 CARPINTERO DE OBRA NEGRA + 1 AYUDANTE CLASE "B")	TUR	0.02000		41,030.40	820.61
								4,103.04
TOTAL COSTO DIRECTO/M2								16,765.20

OFICINA.....
 UBICACION.....
 PROPIETARIO.....
 CONTRATISTA.....

NUMERO DE REGISTRO.: 071

CLAVE	DESCRIPCION DEL CONCEPTO	RENDIMIENTO	UNIDAD
BCA-0024-00	CASETON DE POLIESTIRENO EXPANDIDO DE 40 CM X 40 CM X 30 CM DE PESANTE PARA ALIGERAR LOSAS	MAXIMO : 260.00 NORMAL : 245.00 MINIMO : 215.00	PZA DESTAJO 215.27

REG.	CLAVE	DESCRIPCION DEL CONCEPTO	GENERADOR	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	IMPORTE
MATERIALES								
	626	MAT-5447-00 CASETON DE POLIESTIRENO EXPANDIDO DE 40 X 40 X 30 CM DE PESANTE	(1.0000 + 12		PZA	1.01000	12,443.00	12,567.43
A	17	MAT-0018-00 CLAVO DE 2 1/2"	(0.0320 + 72		KG	0.63424	1,416.00	46.46
								12,615.91
MANO DE OBR								
B	10	MO -0012-00 CUADRILLA No. 12 (1 OFICIAL ALBAÑIL + 4 PEDRES			TUF	0.00408	92,449.39	377.19
								377.19
TOTAL COSTO DIRECTO/PZA								12,993.11

OBRA.....
 UBICACION.....
 PROYECTO.....
 CONTRATISTA.....

NUMERO DE REGISTRO: 127

CLAVE	DESCRIPCION DEL CONCEPTO	RENDIMIENTO		UNIDAD
ARE-0013-00	ARELLADO Y ARMADO DE MALLA ELECTROSOLDADA 6 x 6 - 6/8 EN PISOS, INCLUYE: TIRAS APES, MANO DE OBRA Y HERRAMIENTA A CUALQUIER NIVEL	MAXIMO :	92.00	M ²
		MINIMO :	82.00	
			87.00	DESTAJO 436.49

REG.	CLAVE	DESCRIPCION DEL CONCEPTO	GENERADOR	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	IMPORTE
MATERIALES								
A	25	MAT-0024-00 MALLA ELECTROSOLDADA DE 6 X 6 DISTANCIA Y CALIBRE 6/8	11.0000 + 51		M ²	1.05000	3,074.00	3,227.70
A	15	MAT-0014-00 ALAMBRE SECCION No. 16	10.1000 + 72		KG	0.10700	1,780.00	190.46
								3,418.16
MANO DE OBRA								
D	19	MO-0019-00 CUADRILLA No. 19 (1 FIERREIRO + 2 AYUDANTES CLASE "B")			TUR	0.01219	60,675.31	739.63
								739.63
PORCENTUALES								
C	2731	090-0000 00 PORCENTAJES SOBRE LA MANO DE OBRA (ELEVACION)			%	0.15000	739.63	110.94
								110.94
TOTAL COSTO DIRECTO/M ²								4,268.74

División del Trabajo

División	Actividad	División	Actividad
A.1	Cimbrar	A.8	Fraguado
A.2	Habilitar Acero	A.9	Descimbrado
A.3	Alquiler Andamios	A.10	Curado
A.4	Colocación de Caseton	A.11	Impermeabilización
A.5	Instalación Electrica	A.12	Chafian
A.6	Armado	A.13	Limpieza
A.7	Colado		

Tabla de Secuencias

División	Actividad	Nº de Activ.	Activ. Anterior	Activ. Simult.
A.1.1	Cimbrado al 50%	1	-	2,3
A.2.1	Habilitado Acero 50%	2	-	1,3
A.3	Andamios 100%	3	-	1,2
A.1.2	Cimbrado al 100%	4	1	3,6,7,8
A.4	Colocación de Caseton 100%	5	4	3,7,8,6
A.2.2	Habilitado Acero 100%	6	2	3,4,7,5
A.5.1	Instalación Electrica 50%	7	1,2	3,4,6,8,5
A.6.1	Armado al 50%	8	1,2	3,4,5,6,7
A.5.2	Instalación Electrica 100%	9	4,6,7,8	3,10
A.6.2	Armado al 100%	10	4,6,7,8	3,9
A.7	Colado	11	3,5,9,10	-
A.8.1	Fraguado Inicial	12	11	15
A.8.2	Fraguado Final	13	12	16
A.9	Descimbrado	14	13	17
A.10.1	Curado Inicial	15	12	12
A.10.2	Curado Final	16	15	13
A.12	Impermeabilización	17	13,16	14
A.13	Chafian	18	14,17	19
A.14	Limpieza	19	14,17	18

DETERMINACION DE LA DURACION NORMAL DE LAS ACTIVIDADES.

i-j	Actividad	Un.	CO	GRUPO	RG	JG	NG	DN	DF
1-3	Ciebra 50%	m ²	46.5	3	9	5.17	3	1.72	1.75
1-2	Hab. acero 50%	kg	142.3	4	0.16	0.44	1	0.44	0.50
1-9	Andamios 100%	m ²	15	3	15	1.00	1	1.00	1.00
3-6	Ciebrado al 100%	m ²	46.5	3	9	5.17	3	1.72	1.75
9-9	Col. Block	pz	256	2	100	2.56	5	0.51	0.50
2-6	Hab./acero 100%	kg	142.3	4	0.16	0.44	1	0.44	0.50
5-6	Inst. elec. 50%	sd	2	6	4	0.50	1	0.50	0.50
4-6	Arasado 50%	kg	142.3	4	0.16	0.44	3	0.15	0.25
7-9	Inst. elec. 100%	sd	2	6	4	0.50	1	0.50	0.50
6-9	Arasado 100%	kg	142.3	4	0.16	0.44	3	0.15	0.25
9-10	Colado	m	8.96	2	0.95	9.43	10	0.94	1.00
10-11	Fraguado inicial							0.50	0.50
11-14	Fraguado final							3.50	3.50
14-16	Desciebrado	m ²	92.9	3	26	3.57	3	1.19	1.25
12-13	Curado Inicial	m ²	64	1	300	0.21	0.5	0.43	0.50
13-14	Curado Final	m ²	64	1	300	0.21	0.5	0.43	0.50
15-16	Impermeabilizado	m ²	64	2	30	2.13	2	1.07	1.25
16-18	Chafian	m	40	2	27	1.48	3	0.49	0.50
17-18	Limpieza	m ²	64	1	65	0.98	2	0.49	0.50

Notas:

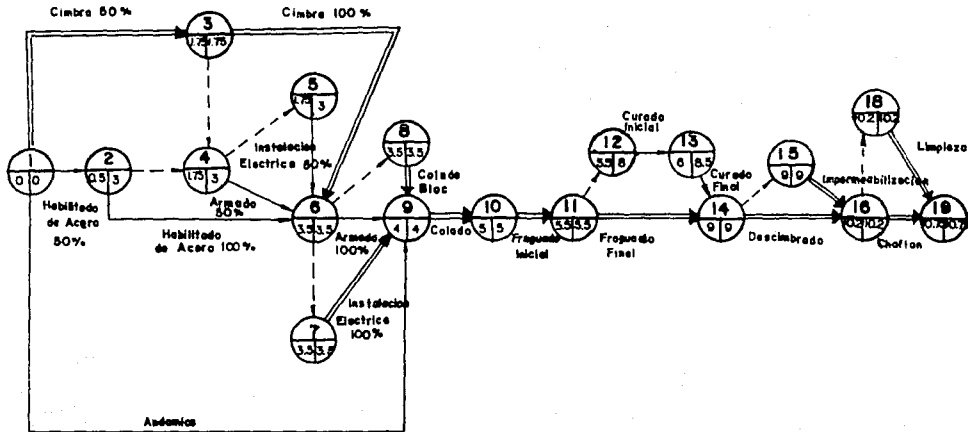
U = Unidad de Obra
 CO = Cantidad de Obra por Ejecutar
 G = Grupo & Cuadrilla
 RG = Rendimiento del Grupo
 JG = Jornadas por Grupo
 NG = Numero de Grupos
 DN = Duración Normal
 DF = Duración Final
 sd = Salida
 Grupo = Cuadrilla

Formulas:

$$JG = \frac{CO \text{ (CANT. DE OBRA POR HACER)}}{RG \text{ (RENDIMIENTO DE LA CUADRILLA)}}$$

$$DN = \frac{JG \text{ (JORNADAS POR CUADRILLA)}}{NG \text{ (NUMERO DE GRUPOS)}}$$

**RUTA CRITICA
DEL COLADO DE
LA LOSA**



11.3 DIAGRAMA DE BARRAS

II.3 DIAGRAMA DE BARRAS.

Los diagramas de barras se hacen en la red para facilitar un mejor control y asignación de recursos en la obra, dichas barras representan las duraciones de las diferentes actividades y su tamaño depende de los días, meses y años que dure la obra.

La versión más usada y conocida es la de Gantt. Esta técnica fue hecha para planear y controlar proyectos sólo que este método tiene la característica que representa visualmente la escala de tiempo involucrada por actividad, facilitando la rápida identificación de una tarea en particular lo cual lo convierte en muy práctica como referencia en la asignación de recursos.

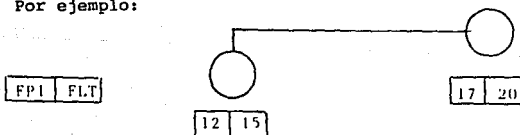
Es por esto que el diagrama de Gantt o de barras se usa como complemento de la ruta crítica. Hoy en día en la industria de la construcción no se llega a pensar en separarlas, debido a que al usarlas juntas sirven más que cuando se usan separadas.

El diagrama de barras, también sirve como medio de comparación para controlar el programa. Es por ésto que el diagrama de barras del ejemplo de la losa aligerada, se mostrará en el capítulo siguiente (figura 3.1).

Se mencionó en el punto I.2 lo que significa la fecha próxima (FP), y la fecha límite (FL). En este capítulo se mencionarán sus divisiones respectivas. Estas se dividen en fecha próxima y límite de inicio (FPI - FLI) y fecha próxima y límite de término (FPT - FLT). Estas fechas se obtienen de la siguiente forma:

	INICIO (F.P.I.)	Esta fecha se calcula en base a el dibujo del diagrama de la red
FECHA PROXIMA	TERMINO (F.P.T.)	Esta fecha se calcula sumando la F.P.I. y la duración de dicha actividad
	INICIO (F.L.I.)	Esta fecha se calcula restando la duración de alguna actividad a la F.L.T.
FECHA LIMITE	TERMINO (F.L.T.)	Esta fecha se calcula en base al dibujo del diagrama de la red.

Por ejemplo:



En los diagramas de Gantt la holgura se representa y se entiende mejor. Dicha holgura representa una flexibilidad de las fechas de inicio y término de las fechas no críticas. La holgura total de una actividad, es el tiempo dentro del cual puede completarse dicha actividad sin afectar la duración total de la obra, su fórmula es:

$$\text{Holgura total} = \text{F.L.I.} - \text{F.P.I.} \text{ ó } \text{F.L.T.} - \text{F.P.T.}$$

Existe el problema que cuando se utiliza la totalidad de la holgura de una actividad, la siguiente actividad se convertirá en crítica y la holgura total de alguna de las actividades subsiguientes, se reduciría proporcionalmente.

Una medida del grado hasta el cual pueden alterarse los tiempos de las actividades, sin afectar de ningún modo el inicio de las actividades subsiguientes, es la holgura libre, ésta se divide en holgura libre temprana y holgura libre tardía.

La holgura libre temprana es la holgura disponible de las actividades subsiguientes empiezan en la fecha próxima posible, su ecuación es:

$$\text{Holgura libre} = \text{Fecha próxima del evento final} - \text{F.P.T.}$$

(temprana)

La holgura libre tardía es la medida de la holgura total restante, si un evento anterior tiene lugar en su fecha límite, ésta se calcula deduciendo la fecha límite de inicio. Su ecuación es:

$$\text{Holgura libre} = \text{Fecha límite del evento inicial} - \text{F.L.I.} \\ \text{(tardía)}$$

Si llegara a existir una holgura libre negativa, entonces no existirá holgura libre, la holgura libre negativa indica que tan crítica es aproximadamente la actividad.

A veces se dispondrá de holgura en alguna actividad, o sea que ésta actividad es independiente del tiempo del evento anterior, es decir, si se hace uso de la holgura durante la ejecución de tal actividad, en ninguna circunstancia se afectaría al evento subsecuente. Esta holgura independiente se calcula sustrayendo la fecha límite del evento anterior, de la fecha próxima del evento subsecuente y la duración de la actividad, su ecuación es:

$$\text{Holgura independiente} = \text{F.L.I.} - (\text{F.P.T.} + \text{D})$$

En base al último ejemplo del capítulo II.2 se calcularán sus holguras.

Cálculo de Holgas

Actividad	D	F.P.I.	F.P.T.	F.L.I.	F.L.T.	H.T.
1-3	1.75	0	1.75	0	1.75	0
1-2	0.5	0	0.5	2.5	3	2.5
1-9	1	0	1	3	4	3
3-6	1.75	1.75	3.5	1.75	3.5	0
8-9	0.5	3.5	4	3.5	4	0
2-6	0.5	0.5	1	3	3.5	2.5
5-6	0.5	1.75	2.25	3	3.5	1.25
4-6	0.25	1.75	2	3.25	3.5	1.5
7-9	0.5	3.5	4	3.5	4	0
6-9	0.25	3.5	3.75	3.75	4	0.25
9-10	1	4	5	4	5	0
10-11	0.5	5	5.5	5	5.5	0
11-14	3.5	5.5	9	5.5	9	0
14-16	1.25	9	10.25	9	10.25	0
12-13	0.5	5.5	6	8	8.5	2.5
13-14	0.5	6	6.5	8.5	9	2.5
15-16	1.25	9	10.25	9	10.25	0
16-18	0.5	10.25	10.75	10.25	10.75	0
17-19	0.5	10.25	10.75	10.25	10.75	0

CAPITULO III

ASIGNACION OPTIMA DE RECURSOS

III ASIGNACION OPTIMA DE RECURSOS

Se llaman recursos de una obra a todo aquello que requiere ésta, para poder lograr su objetivo, estos son los materiales, la maquinaria o equipo y la mano de obra. Para tener una adecuada asignación de recursos es necesario proponer un programa inicial e irlo modificando cuantas veces sea necesario hasta satisfacer las fechas y recursos económicos disponibles para la obra. La modificación final no es de ninguna manera fácil de hacer.

Para hacer una asignación óptima de recursos, una vez que se tiene la ruta crítica, diagrama de barras y el cálculo de holguras, es necesario hacer un programa económico o financiero para determinar los egresos necesarios, los cuales se comparan con el capital disponible, si son iguales, el programa de obra se podrá llevar a cabo, pero si no, tendrán que hacerse modificaciones a los recursos asignados, al objetivo de la obra o a las fechas de terminación de las actividades.

Se le llama egreso a la cantidad de dinero que se gasta en un tiempo determinado. En una obra es necesario calcular los egresos que se tendrán que hacer, para de esta forma saber la inversión necesaria durante la ejecución de una obra. Esto se debe a que en la mayoría de las construcciones, el capital de la obra supera al capital de

la constructora, y por consiguiente esta depende de los anticipos y préstamos obtenidos para realizar dicha obra.

Una buena forma de representar los egresos es por medio de su gráfica acumulada, ésta teóricamente debe ser como se muestra en la figura 3.1. Se dice teóricamente porque es poco probable que tenga esta forma, pero debe tratarse de que sea lo más parecida.

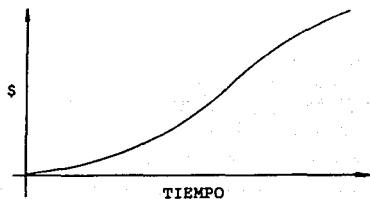


Figura 3.1

De acuerdo a la ruta crítica vista en el capítulo anterior se obtuvo la gráfica que se muestra en la figura 3.3 basada en el diagrama de barras de la figura 3.2. Como se puede ver en dicha gráfica existe un cambio muy brusco en el colado, en el quinto día. Esto se debe a que el colado se debe de realizar monolíticamente, es decir no se puede dividir.

Pero pueden existir cambios bruscos en la gráfica, que representen actividades que si se puedan cambiar. Es decir pueden existir algunas actividades que no se consideren que representan una opción óptima en un momento dado, por

ejemplo, si la cimbra de la losa fuera rentada, el porcentaje del costo de dicha actividad mejoraría, sólo en la situación de que fueran un determinado número de losas las que se colaran, pero si fueran muchas losas quizá mejor convenga comprar la cimbra.

También se puede proceder a analizar otras opciones (aumento de cuadrillas, aumento de tiempo, etc.), este ejemplo es básico y sencillo para un buen entendimiento, pero en un programa de obra general no es tan sencillo, debido al gran número de actividades que forman parte de éste, por lo que se requiere el auxilio de una computadora.

Es posible representar los flujo de egresos no sólo por medio de la gráfica acumulada, sino por histogramas, éste tipo de gráficas tienen la ventaja de que es mas fácil controlar dichos egresos. Ver figura 3.4.

Aún así el uso de una computadora no facilitaría la asignación óptima de recursos si no se tuviera una forma rápida de hacer un cambio a los diferentes elementos o insumos que forman parte del programa de obra general.

De acuerdo a las condiciones del contrato vistas en el punto I.3, se mencionaba que el contrato en base a precios unitarios es el más usado en México, pero éste tiene el inconveniente de que en época de inflación, cuando suben los

costos unitarios de los recursos (materiales, equipo y mano de obra), se dificultan hacer cambios a los precios unitarios correspondientes, teniendo como resultado que no se pueden hacer cambios rápidos a los egresos.

Una forma de lograr esto es haciendo una explosión de insumos, esta explosión es un listado de todos los materiales, equipo y mano de obra que intervienen en la obra así como los volúmenes que se requieren, este listado se obtiene en base a los precios unitarios, recuerdese que éstos son una combinación de insumos.

Esta explosión de insumos resulta de mucha ayuda, debido a que su estructuración es sencilla y fácil de manejar. Es parecida a una matriz, es decir a un arreglo rectangular de números organizados en "m" renglones y "n" columnas.

Hacer operaciones por medio de matrices manualmente es muy fácil sólo cuando son pequeñas, como por ejemplo de cuatro renglones por cuatro columnas. Pero una matriz mayor se complica. En la actualidad es muy fácil calcular las operaciones por medio de matrices con una simple PC y un programa tan común como el Lotus 123 (hoja de cálculo).

También hacer la explosión de insumos facilita el control de la obra porque se sabe que cantidad de material se debe disponer para la elaboración de todos los conceptos.

Para hacer una adecuada asignación óptima de los recursos (materiales, equipo y mano de obra), es necesario tomar en cuenta algunas características en especial de cada uno de ellos, para que de ésta forma, la ruta crítica y el diagrama de barras se hagan de la mejor forma. Debido a que éstas características son muy amplias, dividiremos a los recursos en dos partes:

-Materiales y equipo

- Mano de obra

El costo de los materiales, el uso del equipo y mano de obra, afectarán la duración y el orden de las actividades, y por consiguiente la forma de la ruta crítica y el diagrama de barras.

Los materiales principales que más inciden en el presupuesto son; cemento, arena, acero de refuerzo, madera para cimbra, bloc y tabique. La mano de obra que más incide es; la de la estructura y la de la albañilería . En la figura 3.5 se muestra un ejemplo para representar que partidas son las que más se deben de controlar para llevar a buen término una obra.

PORCENTAJES DE PARTIDAS EN EL PRESUPUESTO
EN EDIFICIOS DE INTERES SOCIAL

Numero Partida		% Mater.	% M.O.	% Resp. a total
1	Preliminares	1	99	1.25
2	Cimentación	66	34	14.11
3	Estructura	61	39	38.23
4	Albañilería	54	46	15.35
5	Yesería	38	62	1.91
6	Cancelería	84	16	6.16
7	Vidriería	100	-	1.58
8	Carpintería	83	17	2.18
9	Pintura	38	62	2.15
10	Cerrajería	100	-	0.41
11	Limpieza	16	84	0.43
12	Muebles y Accesorios	100	-	3.85
13	Instalación Hidráulica y sanitaria	67	33	6.17
14	Instalación Eléctrica	60	40	6.22

Porcentaje respecto al total de materiales = 61%

Porcentaje respecto al total de Mano de Obra = 39%

Figura 3.5

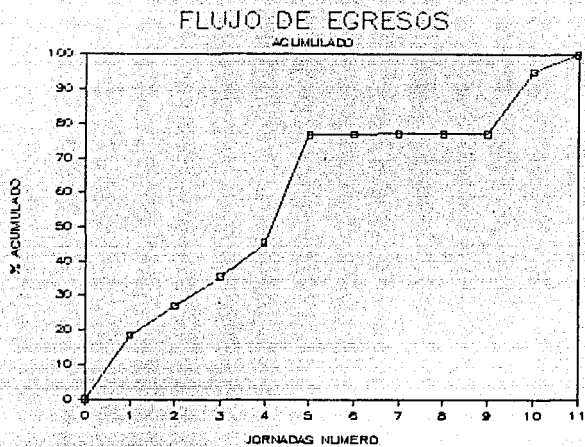


figura 3.3

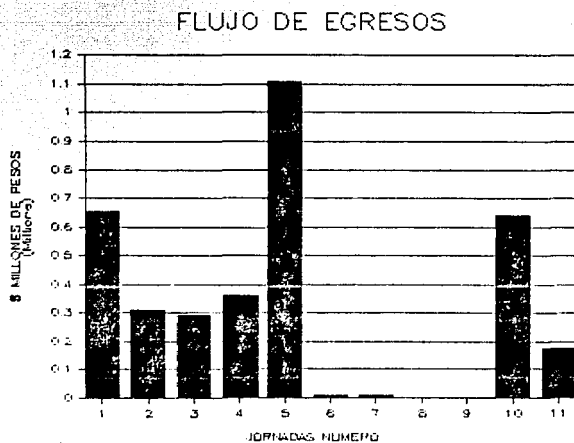


figura 3.4

III.1
MATERIALES
Y EQUIPO

III.1 MATERIALES Y EQUIPO

La asignación óptima de materiales y equipo es importante ya que representa entre un 70% y 90% del costo total de la obra, esto nos indica que asignando de la mejor forma los materiales y equipo, se tendrá un buen desarrollo y costo de la obra.

Las actividades del análisis de red y el diagrama de barras, se ven influidas directamente por el tipo de materiales y equipo que se asignen en la obra, por ejemplo, en la construcción de una losa aligerada mencionada en el capítulo II, la ruta crítica y el diagrama de barras cambia si se usa cimbra rentada en lugar de cimbra comprada, también variará si se usa un vibrador en lugar de hacer el vibrado a mano, etc.

Primero hablaremos sobre la asignación óptima de materiales, ya que ésta representa el mayor porcentaje de los costos en una obra, aproximadamente del 50% al 60%, es por ésto que se debe tener mayor atención y cuidado al asignar los materiales necesarios de una obra.

Los materiales son todas aquellas materias primas, accesorios, o productos semiterminados que se compran a otras empresas para que se conviertan en el objetivo de la obra. En ocasiones también se toman en cuenta a las

refacciones de la maquinaria y otros artículos de la oficina de campo, por ejemplo; restirador, escritorio, etc.

Los materiales se dividen en dos partes; naturales y procesados. Los naturales son aquéllos que no han sufrido alteraciones fisicoquímicas, por ejemplo; piedra, arena, arcilla, etc. Los procesados son lo que si han sufrido alteraciones, por ejemplo; acero, cemento, etc.

Las características más importantes de los materiales son; volumen, dureza, textura, elasticidad, etc. Los materiales naturales se encuentran ubicados en diferentes lugares de la República Mexicana, cuando se encuentran, se dice que se ha encontrado un banco ó mina, existen regiones que se distinguen por sus bancos, por ejemplo; en Hidalgo la cal, en Oaxaca la madera, en el Estado de México las arenas, etc. Posteriormente se transportan a los lugares que no los tienen.

Los materiales procesados por lo regular se encuentran en cualquier lugar de la República Mexicana, ya que casi todos los estados los procesan, debido a que algunos materiales procesados son de primera necesidad (acero, aluminio, etc.).

Para poder asignar los materiales óptimamente en una obra, es importante averiguar primero las fuentes de

materiales naturales y procesados cercanas al lugar de la obra. Para de esta manera evaluar si dicho lugar y la obra en si, justifican el precio de dichos materiales. La mayoría de las veces el costo de los materiales justifica la forma y las especificaciones técnicas en que se va a construir la obra.

Para que no varien los tiempos de ejecución de las actividades de la ruta crítica y el diagrama de barras, es necesario contar con los materiales previamente antes de ser usados en dichas actividades.

Para poder asignar los materiales adecuadamente (en su momento), se necesita saber cuantos y en que tiempo serán necesarios cada uno de ellos. Esto nos lleva a definir un inventario y a lo que los economistas llaman inventario mínimo y máximo de una obra.

Se le llama inventario de obra, a la estimación de materiales, herramienta y equipo en almacén. El tamaño de éste depende de la proximidad de los proveedores, de la magnitud de la obra y de las características (durabilidad, obsolescencia) ó naturaleza de los materiales.

Se le llama inventario mínimo a la cantidad mínima de materiales que se deben tener en una obra para que pueda seguir funcionando. El inventario máximo es la cantidad

máxima de algunos materiales que se deben de tener en una situación dada en una obra y en donde el costo del inventario resulta menor que si no se tuvieran dichos materiales. Por ejemplo en una obra lejana a una distribuidora de cemento, el costo del almacenamiento de cemento que carga un camión lleno, es bajo en comparación a tener que pedir cinco veces un camión con cantidades de cemento menores, debido a lo que representan los costos de acarreo, y a que es menor el costo de un camión lleno de cemento, comparado con un camión parcialmente lleno.

Un inventario es necesario sin importar el tamaño de la obra, ya que una obra no es instantánea, por lo que se necesita un inventario para que las compras se efectúen en un tiempo determinado. Un inventario representa una parte importante de los fondos asignados a la obra, éstos pueden representar una inversión sobre todo en épocas de inflación. En dichas épocas un inventario funciona como "amortiguador", es decir, da tiempo para organizar y reajustar una obra.

Por otra parte llamamos equipo a las maquinarias que se usan en una obra. Estas se dividen en maquinaria pesada y maquinaria ligera.

La maquinaria pesada es aquella que se usa principalmente para el movimiento de tierras, se caracteriza

porque tiene más de un pistón. Por otra parte la maquinaria ligera es aquella que se caracteriza por tener un pistón.

También se considera parte del equipo a la herramienta la cual es un instrumento que sirve para facilitar el manejo de los materiales.

Es importante definir en una obra la maquinaria que se usará y sus características, ya que ésta representa un alto costo que dependiendo del tamaño de la obra fluctúa del 10% al 30% aproximadamente.

El definir la maquinaria, no sólo se refiere a designar que maquinaria se necesita, sino también definir que cantidad de esta se usará, es decir la maquinaria que se asigne a una obra determinará directamente la forma y el tiempo de la ruta crítica y el diagrama de barras.

Para definirla se necesitan conocer sus especificaciones y características. Sus características son ; resistencia al rodamiento, eficiencia, capacidad, fuerza de tracción, resistencia de la máquina, profundidad óptima. rendimiento, costo, cargos fijos y variables, depreciación, seguros, etc.

El mencionar estas características significa que se debe hacer un estudio de diferentes equipos para una misma

actividad, por ejemplo, cuando el volumen de tierras es pequeño, no importa que el equipo sea poco eficiente.

Algunas especificaciones que se deben de tomar en cuenta para la selección del equipo son:

- Disponibilidad del equipo que está en vida económica.
- Disponibilidad del equipo fuera de vida económica (equipo usado para actividades secundarias).
- Buscar los mejores proveedores (precio, servicio, capacidad necesaria y equipo disponible a tiempo, etc.).
- Tener en cuenta las condiciones de compra (precios, ofertas, descuentos, renta, renta con opción a compra, etc.).
- Su obsolescencia (equipo usado).
- Inflación es su valor de adquisición.
- Características de la maquinaria (capacidad, potencia, carga, alturas de elevación, radio de giro, velocidad de rotación, velocidad de traslación, velocidad de operación, peso de la máquina, dimensión, condiciones de operación; transporte, montaje y operación).

Para poder asignar óptimamente un equipo se necesita saber su rendimiento y necesidades de mantenimiento, ya que éstas también están ligadas indirectamente a la forma y tiempo de la ruta crítica y el diagrama de barras.

El rendimiento de un equipo depende de las condiciones de obra, de administración, de operación y humanas. Las condiciones de obra dependen de la dificultad del trabajo, es decir de las condiciones en que se opera, éstas son; clima (lluvia, calor, viento, altura), seguridad para el trabajo, etc.

Las condiciones administrativas dependen del ser humano y son producto de las costumbres de la sociedad propia del lugar de la obra, éstas son; contaminación social, buen pago y a tiempo, etc.

Las condiciones de operación son aquellos factores técnicos que limitan el equipo, éstas son; rodamiento, máxima pendiente, coeficiente de tracción, nivel de compactación, etc.

Las condiciones humanas dependen del personal que trabaja para las máquinas, éstas son; preparación técnica, preparación social, cuidado del equipo, experiencia, etc. Desgraciadamente el mal rendimiento es más fácil de seguir que el bueno.

La operación del equipo va acompañado con el cuidado de éste, es decir, se deben conocer sus características de mantenimiento, estas pueden ser; niveles de aceite, grasa, desgaste, presiones (llantas), etc.

Un mantenimiento del equipo se divide en mantenimiento preventivo, correctivo y reconstructivo. La diferencia consiste en que los primeros dos no revalúan el equipo y el último sí.

Un mantenimiento preventivo lo especifica el fabricante, este indica la vida útil de las refacciones y cuando se deben de cambiar, este mantenimiento básicamente consiste en sustituir una refacción antes de que una máquina deje de funcionar. Dicho mantenimiento se debe de planear, es decir, se debe de fijar la fecha en la que se debe de hacer.

Un mantenimiento correctivo es el que se aplica cuando la maquinaria ya está dañada, la forma de hacer esta corrección es cambiando la pieza o reparándola. Este mantenimiento como no se tiene idea de cuando va a ocurrir, no se puede programar.

Un mantenimiento reconstructivo es aquél que se efectúa para revaluar el equipo, casi siempre consiste en cambiar el motor o una parte importante de él. Este mantenimiento sí puede ser planeado.

Otra forma de asignación óptima de equipo, es comparando equipo usado. Esto se debe a que se desea que el

costo del equipo se amortice durante la obra, si se comprara equipo nuevo deberá de amortizarse con obras posteriores, es por esto que se busca comprar equipos no especializados.

Otra característica importante en la asignación óptima del equipo es la búsqueda de la simultaneidad de éste. Debe de haber equipo suficiente para no estorbarse y tener un máximo avance de obra.

Para una buena asignación de equipo debe de tomarse en cuenta que según el artículo 27 del I.S.R., todo equipo se deprecia un 20% al año. Lo cual conlleva al equipo a una vida útil de cinco años.

Es por esta depreciación y por el costo del equipo, que si no se pone a trabajar siempre, un equipo detenido, es dinero perdido.

III.2 MANO
DE OBRA

III.2 MANO DE OBRA

Una vez que se ha explicado la asignación óptima de recursos materiales y equipo, es conveniente explicar la asignación óptima de recursos humanos. Esta representa dentro de los costos de una obra entre 10% y 30 aproximadamente.

La razón por la que se estudia separada con respecto a los materiales y equipo, es porque no es tan fácil su asignación y manejo óptimo. Esto se debe obviamente a que se manejan personas y no cosas.

Para asignar la cantidad de personal óptima en una obra, primero es necesario determinar la forma de pago, ya que dependiendo de las características de la obra, será la cantidad de gente que se necesitará. Es decir, si se decide pagar por raya se necesitará más gente que si fuera por destajo.

La forma de pago puede afectar el rendimiento del personal que labora en una obra, y el número de cuadrillas disponibles para hacer las actividades necesarias. Esto traería como consecuencia que no se cumpliera la duración estimada en el programa (ruta crítica y diagrama de barras), y posteriormente una reprogramación. Es por ésto que la forma de pago debe ser justa y a tiempo, además de que la

gente que labora en la construcción generalmente tiene pocos recursos económicos. Las formas de pago más comunes son:

- Por lista de raya. Esta significa que se paga una cantidad fija en base al salario mínimo sin importar lo que se haga. Sus ventajas son; que es muy fácil asignar y controlar al personal, a la vez que dicho personal asegura su pago. Sus desventajas son; que hay que sobrevigilar al personal para que en realidad trabaje lo que se le esta pagando, se necesita valuar a la gente para saber si merece la asignación de dicho trabajo, desgraciadamente éste tipo de pago no motiva a la gente y baja su rendimiento, trabaja aproximadamente 80% del tiempo total de la obra.

- Por destajo. Esto significa que se paga un tanto por cada cantidad de obra ejecutada, a un precio acordado que en total suele ser mayor al salario mínimo. Sus ventajas son que se hace mayor cantidad de obra, se requiere menor vigilancia, no hay tiempos perdidos y se facilita la evaluación del personal. Sus desventajas son que se dificulta la asignación y control del trabajo, además de que se puede reducir la calidad.

El salario base ó mínimo es el establecido por la comisión nacional de salarios mínimos y es la cantidad mínima que se debe ganar cada categoría del personal de una obra (peón, media cuchara, albañil, maestro). El nivel más

bajo de este salario es el del peón, aprendiz u obrero no especializado, este nivel más bajo es un estudio de lo mínimo que debe ganar una persona para satisfacer sus necesidades básicas.

Para la asignación óptima del personal en una obra es recomendable, combinar los diferentes tipos de pago. Se le paga un salario mínimo y una bonificación a destajo, así la gente se motiva a trabajar más sin descuidar la calidad.

Cuando se asigna la forma de pago debe de tomarse en cuenta al maestro de obra, ya que él es la persona clave que recibe y transmite la información de la administración de la obra al personal eventual, es decir representa la persona que interpreta los datos técnicos de una obra, y los lleva a cabo. Es por ésto que se le retribuye un porcentaje de los salarios dados al personal, que generalmente varia de un 5% al 10%.

Otro punto que debe de tomarse en cuenta al asignar la forma de pago, es el considerar un porcentaje de los salarios para el sindicato, por lo regular se le paga al sindicato una cantidad sobre el salario mínimo. Se debe de buscar un sindicato que en realidad vaya a preocuparse por los intereses del personal y no por intereses políticos o propios. Este factor es muy importante sobre todo en provincias donde los sindicatos son muy poderosos.

También debe de tomarse en cuenta cuando se asignan los sueldos, las diferentes zonas de la república mexicana. El factor de zona es una condición que corrige al salario mínimo para ajustarlo a las condiciones propias del lugar donde se llevará a cabo la construcción. Estas podrían ser; el valor de compra del salario, el rendimiento promedio del lugar, la cercanía de mano de obra, la dificultad de acceso, las costumbres en especial, etc.

En segundo lugar debe determinarse al igual que en el equipo, el rendimiento del personal. El rendimiento es la cantidad de obra específica por unidad de trabajo ejecutada bajo condiciones de seguridad y calidad por un trabajador en una unidad de tiempo. La unidad de tiempo que se toma en la construcción es el jornal o día, éste será de ocho horas. Su fórmula es:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Cantidad de Obra}}{\text{Jornal}}$$

Este rendimiento no es tan fácil de determinarlo perfectamente. Para obtener un rendimiento es necesario una investigación exhaustiva y consiente, estadística dada por la experiencia, estudios de tiempos y movimientos, además de la política empresarial.

Del rendimiento asignado, depende la duración de las actividades y por consiguiente, la forma y duración de la ruta crítica y el diagrama de barras. Es por ésto que se debe tener cuidado al asignar los rendimientos para que realmente representen la duración de la obra.

Generalmente los rendimientos ya están tabulados en tablas que contienen las actividades más comunes y representativas en una obra, estas tablas se basan en rendimientos calculados a lo largo de muchos años, y pueden representar zonas y especialidades en condiciones especiales. Pero básicamente su asignación depende de la experiencia del que lo asigna, ésto se debe a que la construcción no es una ciencia exacta, es decir cada obra es diferente.

En tercer lugar tenemos dos maneras en las que se puede contratar el personal; eventualmente y permanentemente. En gran parte de las obras de construcción la mayoría de la gente es eventual, sólo es permanente parte de la gente que labora en la administración de la obra.

La ventaja de tener personal eventual. es que sólo se contrata a la gente que se necesita en la obra, por lo tanto no hay tiempos ociosos, su desventaja reside en que no está a una disposición inmediata para la constructora. Por lo

contrario, cuando se tiene gente contratada permanentemente existen tiempos ociosos cuando no se ocupa.

Esto trae como consecuencia que quizás no se pueda cumplir con el número de cuadrillas asignadas a las actividades en la obra. Es por ésto que igual que en la forma de pago es recomendable mezclar los dos tipos de contratación.

Desgraciadamente el personal eventual que trabaja en la construcción es en su mayoría de poca escolaridad y preparación, que trae como consecuencia una predisposición a la falta de calidad de una obra.

La mejor forma de asignar al personal deberá ser igual que en el punto III, es decir por medio de una matriz de insumos, esto se debe a la facilidad de controlar a la gente individualmente y no por cuadrillas, como se programa en la actualidad aunque así no se controle.

III.3 MEDIDAS CORRECTIVAS

III.3 MEDIDAS CORRECTIVAS

En el análisis de la red de la obra, se determina primero la ruta crítica y el tiempo total de ésta, sobre la base de las relaciones lógicas entre las distintas actividades involucradas y el tiempo que se estima para completar cada actividad. Pero, existe incertidumbre en la estimación de tiempo; y, en alto grado, los recursos asignados a una actividad, determinan el tiempo que ésta tomará. Así pues, como se ha mencionado anteriormente la disponibilidad de equipo, mano de obra y/o de dinero puede ser crítica para el cumplimiento del programa de la obra.

Hasta este momento de la planeación de una obra, se ha supuesto implícitamente que los recursos son ilimitados, por lo que, para cada actividad se le puede asignar el personal que se requiera. Pero aún cuando esto fuera así, el gerente general de la obra necesitaría saber cuándo y qué cantidad de cada recurso se requerirá con objeto de cumplir con el tiempo especificado. Cuando se prepara un programa de necesidades de recursos, es conveniente nivelarlos, período por período y dentro de los límites de las holguras de cada actividad; esto reducirá los costos de recursos inmóviles y simplificará la administración de la obra.

En la práctica es posible definir y limitar exactamente parte o todos los recursos. En estas circunstancias, el

gerente general de la obra debe asegurarse de que los totales de los diferentes recursos requeridos para actividades que ocurran simultáneamente, no lleguen a exceder los recursos con que se cuenta.

Para ciertas actividades, ello puede implicar una nueva programación que puede extender el tiempo total de la obra. Sin embargo, en la etapa de planeación, un aumento en la duración general de la obra, debido a la limitación de recursos, es una extensión natural de análisis de red. Los recursos disponibles son simplemente restricciones adicionales. El programa final facilita al gerente de proyectos formular un plan, no sólo en lo que respecta a los tiempos de las actividades, sino también para determinar los tiempos de los muchos requisitos de recursos.

Los métodos por los cuales se formula el nuevo programa de las actividades (para permitir la nivelación o limitaciones de los recursos), tienden a ser empíricos, es decir, se estipula una regla para mejorar progresivamente las asignaciones hasta que se llega a una solución aceptable. Este método se torna complejo entre más grande sea la red (número de actividades y número de diferentes recursos). Con excepción de las redes sencillas, todas involucran tantas interrelaciones de actividades y recursos, que resulta mejor utilizar una computadora para preparar los programas. Esto ofrece la ventaja adicional de que, durante

la ejecución de un proyecto, el análisis de red puede ponerse al día económicamente y rápidamente.

Durante cierto período de tiempo, es posible estudiar la gama de requisitos de recursos, contando para el efecto, el número o cantidad de cada recurso en todas las actividades que ocurran durante cierto tiempo (días, semanas, etc.). Dicho estudio puede basarse en la suposición de que cada actividad se iniciará en su fecha próxima o, en el otro extremo, que todas las actividades empezarán en sus fechas lejanas.

En base a la construcción de la losa aligerada se hará un ejemplo que muestre una forma de hacer una asignación óptima de recursos. En dicho ejemplo el recurso que se estudiará es la asignación óptima de peones para construir dicha losa.

El primer día sólo tendrían lugar las actividades 1-3, 1-2, 1-9, 2-6, por lo que únicamente se necesitarían 5 peones. El segundo día tendrían lugar las actividades 1-3, 3-6, 5-6, 4-6, por lo que se requerirían 4 peones. Se continúa este proceso para sumar los recursos por cada día del plan de la obra. Los resultados finales pueden entonces presentarse por medio de una tabla y/o histograma.

La figura 3.2 muestra el histograma resultante de las necesidades de recursos, en este caso de peones y en donde cada actividad comienza en la fecha próxima. Aquellos para actividades críticas también se muestran. Para la nivelación, pueden volver a programarse sólo los recursos en exceso de estos requisitos.

Con este procedimiento de asignación de recursos, un método para comprobar que se han programado completamente los recursos, es comparando el número de períodos de recursos dibujados en el histograma, con los períodos de recursos calculados en la lista de actividades de la obra (Ver tabla 3.1). El período de recursos calculados, se obtiene multiplicando la duración de cada actividad por los recursos que se necesitan para esa actividad, por cada período y sumando los resultados. Por ejemplo, el número de jornadas-peón que aparece en el histograma de la figura 3.2 es 36.75; y la tabla 3.1 presenta las jornadas-peón que se calcularon.

Con los histogramas es posible preparar un programa de los recursos que se necesitan por período, con objeto de iniciar cada actividad en su fecha de inicio próxima. Asimismo, es posible representar los recursos sobre la base de las fechas límite de término de cada actividad.

Los recursos pueden programarse de un modo óptimo solo mediante la evaluación de cada alternativa posible. Esto puede ser factible para obras pequeñas: pero en el caso de obras grandes, los costos aún empleando una computadora, resultarían prohibitivos. No obstante puede lograrse una buena solución mediante la aplicación de reglas razonables directas (sentido común). Un modo consiste en utilizar la holgura libre, asociada con las actividades, con objeto de traspasar los recursos de los períodos de máxima demanda a períodos de poca demanda. Sin embargo, el proceso se va complicando por la interdependencia de las necesidades de recursos, es decir, al nivelar un recurso, otro puede elevarse.

En el ejemplo anterior la necesidad máxima de peones tiene lugar la jornada 5, pero debido a que el colado debe ser monolíticamente no puede variarse, sin embargo el primer día se necesitan 5 peones y si existe flexibilidad para variar éste punto máximo. La actividad 1-9 tiene una holgura de dos días y medio. Si esta actividad pudiera tener lugar entre el segundo día y el tercero, esto redundaría en una apreciable nivelación de recursos (peones). Ver figura 3.3.

Puede haber ventajas en la nueva programación de la actividad 1-9, con objeto de proporcionar una aglomeración gradual de necesidades de recursos al principio de la obra.

Hacia el final de la obra, quizás resulte muy difícil administrar un aumento en las necesidades de recursos (peones) por solo un corto período; y probablemente se conservará el personal asignado de modo que no presente riesgo de demora. Pero debe recordarse que la construcción de la losa es parte de la construcción de una unidad habitacional, por lo que es de suponer que se dispone de más personal.

Finalmente, se presenta al gerente general de la obra una lista de todas las necesidades y planes, con objeto de que él pueda controlar la obra real para alcanzar los objetivos deseados. La tabla 3.2 muestra una lista típica, basada en los tiempos relativos.

ANALISIS DE COMPROBACION

ACTIVIDAD 1-1	DURACION	PEONES REQUERIDOS POR JORNADA	PEONES JORNADA
1-3	1.75	3	5.25
1-2	0.50	1	0.50
1-9	1	1	1
3-6	1.75	3	5.25
8-9	0.50	5	2.50
2-6	0.50	1	0.50
5-6	0.50	1	0.50
4-6	0.25	3	0.75
7-9	0.50	1	0.50
6-9	0.25	3	0.75
9-10	1	10	10
10-11	0.50	-	-
11-14	3.50	-	-
14-16	1.25	3	3.75
12-13	0.50	0.5	0.25
13-14	0.50	0.5	0.25
15-16	1.25	2	2.50
15-18	0.50	3	1.50
17-18	0.50	2	1
PERIODO DE RECURSOS CALCULADOS =			36.75

TABLA 3.1

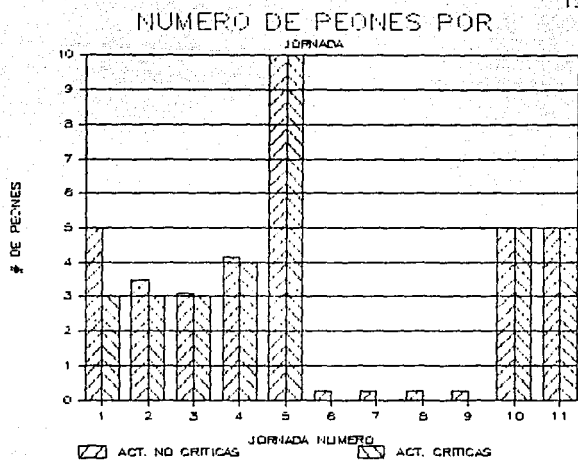


FIG. 3.2

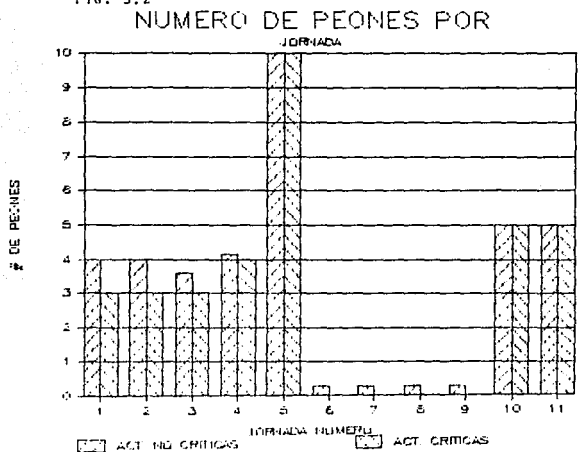


FIG. 3.3

CAPITULO IV

CONTROL DEL PROGRAMA

IV CONTROL DEL PROGRAMA

Durante la etapa de planeación de una obra, el uso de la red ayuda a suministrar información sobre la acción que es necesaria emprender para alcanzar los objetivos. Conforme se va haciendo la red, tendrán que irse adoptando medidas respecto a cambios en la lógica o en las duraciones, con objeto de que sean iguales los resultados que se planean con el objetivo y sub-objetivo de la obra. En seguida, una vez que se ha acordado el programa e iniciado las actividades, debe llevarse una constante inspección de los resultados para comparar lo que se está haciendo en la obra con respecto a su programa, a ésto se le llama control del programa.

Controlar el programa, significa comprobar que el programa ejecutado en la obra no cambie respecto al programa originalmente planeado, es decir, es la comparación de un programa que indica como debe ser una obra con respecto a un programa que muestra como se está haciendo. Esta comparación mostrará si son iguales o si muestran diferencias, si esta diferencia es poca, es decir que son casi iguales, significa que no se necesitará hacer cambios en el programa que falta por ejecutar en la obra. Por el contrario si la diferencia es grande, se necesitará corregir el programa.

Durante la ejecución de una obra deben inspeccionarse y verificarse los resultados reales; y entonces el análisis de red proporcionará una base para hacer una valorización del efecto de las diferencias entre los planes actuales y el funcionamiento real. Cada vez que se vuelva a analizar la red, pueden formularse nuevos planes que aseguren el logro de las actividades, ó cuando menos evaluar el grado hasta el cual el resultado que se pronosticó se desviará de los objetivos.

Para un mejor entendimiento de este capítulo se dividirá en; avances, medidas correctivas y actualización del programa.

IV.1 AVANCES

IV.1 AVANCES

Al comparar el programa ejecutado en la obra con el programa originalmente planeado, resultarán las diferencias. Posteriormente se valorizarán y en base a éstas se definirá el avance o retraso del programa.

Para saber el avance de obra, es necesario haber verificado la validez de la red. Estas verificaciones abarcan tres áreas principales: la lógica de la red, los estimados de duración de las actividades y las asignaciones de los recursos (mencionado en el capítulo anterior).

Lo primero que se debe hacer es checar las actividades y sus relaciones lógicas, es decir a cada actividad se le debe analizar:

- Si es necesaria para el proyecto.
- Si, dentro de la red, puede combinarse con otras para simplificar tanto la planeación como el control.
- Si conviene dividirla en dos o más subactividades, para permitir un mejor control. Esto es conveniente cuando existen actividades de larga duración en la ruta crítica.

Una vez que se han revisado todas las actividades, deben comprobarse las relaciones lógicas, tanto para

asegurarse de que están bien hechas, como que han sido representadas correctamente en el programa de la red.

Una vez que se ha checado la representación lógica de las actividades, el segundo paso es verificar los estimados de duración de éstas. Una forma de hacerlo, consiste en desglosar las actividades compuestas de larga duración, en subactividades como se vio en el punto I.3, esto a su vez conducirá a cambios en el estimado original. Por ejemplo, una actividad como el techar una bodega, se estimó que tomaría ocho semanas, pero al dividirse en una subred como la que se muestra en la figura 4.1, se verá que la duración total debería estimarse con mayor exactitud como tomando seis semanas.

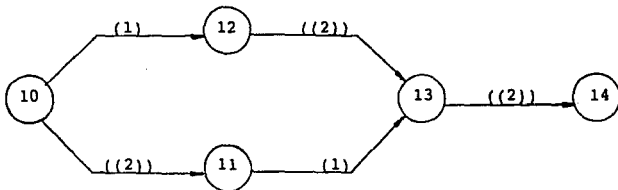


Figura 4.1

Duración Total $2+2+2= 6$ días

Un desglose de actividades quizá muestre una subestimación en la duración de la actividad (cosa que generalmente ocurre).

Otra alternativa que se debe estudiar antes de hacer el programa de obra, es la de los cambios en el diseño de las especificaciones para acortar las duraciones, es decir con elementos prefabricados o subensambles independientes se puede acortar la duración de una obra.

Hay que tener cuidado al especificar éstos elementos prefabricados o subensambles independientes. Por ejemplo en una obra se consideró que para bajar los costos, se pondrían algunos elementos estructurales prefabricados de diferentes tamaños de acuerdo a las cargas que resistirían. El problema fue que la fábrica de prefabricados no surtió algunos elementos en el momento que se requerían (falta de coordinación), trayendo como consecuencia que se tuvieran que colar para no retrasar la obra, de esta manera hubo una pérdida de tiempo que ocasionó gastos no programados.

La revisión final de la duración de las actividades de la obra no se debe de llevar acabo con gran detalle, sino hasta que se ha trazado y analizado debidamente la primera red. Una vez hecho esto, pueden analizarse con todo detalle las actividades críticas o aquellas con pequeña holgura total (actividades consideradas por algunos como subcríticas); pero no ésta de más revisar aquéllas que tienen una mediana y gran holgura total.

Las actividades consideradas como subcríticas se pueden definir como aquellas actividades con menos de una holgura total especificada. El tamaño de la holgura que se tome como parámetro para diferenciar una holgura pequeña total, de una holgura mediana total, depende de la experiencia de quien la determine.

La tercera etapa como se mencionó ya se explicó en el capítulo anterior, ahora la analizaremos desde el punto de vista del control del programa. Esto se debe a que para saber el avance de una obra, también es necesario hacer una revisión de los recursos que han sido asignados a ella. Para que de ésta forma se verifique la validez del programa y por lo tanto de la ruta crítica.

Esta etapa en la revisión es revalorizar las necesidades de recursos que se estiman, y si es necesario, las limitaciones impuestas en los recursos. El objetivo de esto es ver si pueden o deben modificarse las necesidades o limitaciones. Además de esto, pueden introducirse modificaciones los aspectos técnicos de la obra, con el objeto de eliminar disminuciones impuestas por la asignación de recursos. También pueden tomarse las decisiones de incluir días extras durante los fines de semana, si esto es posible, y algún otro trabajo de tiempo extra, o bien si se puede asignar el trabajo a subcontratistas.

Esta revisión se lleva a cabo primero sobre la red sencilla y a grandes rasgos que se utilizó al principio de la obra para calcular la duración total y los requisitos de recursos. Conforme avanza la revisión, las actividades pueden irse desglosando más y más, formulando estimados exactos de las duraciones de las actividades que originalmente se tomaron en forma muy general. Así mismo, las necesidades de recursos se distribuyen con exactitud con el curso del tiempo y se hace accesible un mejor desglose entre los diferentes recursos, es decir la red proporciona detalle con suficiente exactitud para controlar la ejecución práctica.

Es difícil calcular el período que se necesita para llegar a esta etapa de la planeación, pues esto depende del tamaño de la obra y del nivel de detalles especificados por la constructora.

Algunas redes complejas pueden tomar varias semanas entre el primer plan a grandes rasgos y el diagrama final. El mismo uso de computadoras en esta etapa no podrá acelerar la duración total de la planeación; pero el diagrama de la red final, ya dibujada con nitidez mostrará la forma en que el proyecto satisface los objetivos y asimismo los tiempos involucrados en el trabajo que se ha de llevar a cabo.

La finalidad de una red es auxiliar a tomar decisiones que deban conducir al logro de los objetivos de la obra. Pero esto por sí sólo, no es suficiente; se necesita además ejercer un buen control durante la ejecución. Siendo la característica fundamental en un sistema de control, la retroalimentación entre el que construye y el que controla, es decir, la comparación del logro real con el plan original y el método de formular nuevos planes a la luz de la situación actual.

Para poder controlar es necesario contar con información; y tal información debe ser oportuna y con exactitud suficiente para los propósitos a los que se le destina.

En primer lugar, es preciso especificar que información de control se necesita. Esta debe ser tan sencilla como sea posible. Para determinar que es necesario se requiere como mínimo haber tenido anotado cualquier evento logrado desde el último informe de progreso. Asimismo, es útil tener un cálculo del tiempo próximo y límite del evento final de cada actividad crítica y subcrítica que se está ejecutando en ese momento.

En segundo lugar, es importante especificar quien debe suministrar la información para el control. Así pues el maestro de obra rendirá su informe al residente, quien a su

vez informa a los gerentes generales de obra, para que quizás se modifiquen los sub-objetivos o se aumente el desembolso a fin de lograrlos.

Un tercer requisito de un sistema de control, es definir la frecuencia con que deben de rendirse los informes. Para proyectos que duren varios años, un informe mensual del progreso general probablemente sea lo más adecuado, aún cuando se podrían necesitar informes especiales sobre actividades en las rutas críticas y subcríticas. De hecho, la frecuencia de los informes podrían variar; pero a cada área de responsabilidades debe fijarse sólo una frecuencia a fin de evitar confusiones.

Tal frecuencia podría basarse en las duraciones estimadas de las actividades involucradas o en la holgura total disponible, tomando como prioridad aquellas actividades críticas y subcríticas respectivamente.

La frecuencia de los informes depende del juicio del gerente general de la obra y de los residentes involucrados en su implantación. La duración total del proyecto, la duración de las actividades, los estimados de recursos del proyecto, el número de rutas críticas y subcríticas, todo ello afecta la decisión respecto a la frecuencia de los informes.

Básicamente, este ciclo de control es la cantidad de tiempo en que se juzga que las actividades no críticas pueden progresar sin información de retroalimentación y sin el riesgo de afectar el cumplimiento de los objetivos de la obra.

Las actividades críticas y subcríticas pueden siempre revisarse con más frecuencia, pero para ésto debe mantenerse un máximo para evitar el excesivo acumulamiento de detalles.

Finalmente, debe especificarse con todo detalle la oportunidad con la que debe recibirse la información. Muy a menudo ocurre que la información de control es ya tan atrasada que resulta inútil. Por lo que es necesario que se tenga tiempo para modificar planes e implantarlos antes de que se presente el siguiente informe.

Una vez que se cuenta con información sobre el progreso logrado, debe ponerse al día la red. Si existe poca o ninguna diferencia entre los resultados reales y los planeados, se marca simplemente la red con los resultados hasta el momento. Este marcado puede efectuarse físicamente en el diagrama de la red y/o poniendo al día la información almacenada dentro de una computadora. Podría no haber necesidad de modificar el plan, aún en el caso de que haya habido una demora en eventos críticos,; pero de todos modos, es necesario comprobar que las subsecuentes actividades con

holgura no se han convertido en subcríticas o pero aún en críticas.

Cualquier diferencia entre los tiempos planeados y los reales de actividades críticas y subcríticas, puede implicar un nuevo análisis de la red.

**IV.2 MEDIDAS
CORRECTIVAS
Y ACTUALI-
ZACION DEL
PROGRAMA**

IV.2 MEDIDAS CORRECTIVAS Y ACTUALIZACION DEL PROGRAMA

La acción que se debe emprender podría deberse a diferencias entre los resultados planeados y los reales, a modificaciones en los métodos técnicos especificados ó a cambios indicados por el gerente general de la obra.

Un cambio en los sub-objetivos lo puede hacer el dueño de la obra ó contratante, éstos cambios deben ser dirigidos al dueño de la compañía constructora, el cual a su vez dirá los cambios necesarios de la obra al gerente general y éste al residente o gerente involucrado.

Es recomendable el establecer juntas periódicas entre las partes que dictan, transmiten y ejecutan los cambios. Esto evitará confusiones y malas interpretaciones de las ordenes dadas. Para hacer los cambios, si se usa una computadora, quizá sea factible evaluar las alternativas en una de las juntas y ahí mismo tomar las decisiones necesarias, decidiéndose cual será el curso de acción que se debe emprender. Una vez decidido ésto será necesario comunicar los nuevos planes a todos los interesados.

La falta de un nuevo curso de acción es una de las causas principales del fracaso de las redes para controlar los proyectos.

Llamaremos ciclo de flujo de información a las comparaciones entre el programa planeado y el programa real realizadas repetitivamente dentro de un ciclo en el cual circula información para hacer correcciones. Dentro de cada ciclo de flujo de información la red quizá tenga que volver a analizarse dos o más veces. Esto puede tener como consecuencia una carga excesiva sobre el departamento de planeación y un retraso de tiempo.

Las computadoras resultan idealmente adecuadas para el nuevo análisis y pueden suministrar rápidamente la información requerida. Si el proyecto es grande se recomienda que se utilice algún sistema apropiado de computadora para el análisis de la red y el control del proyecto.

Anteriormente el uso de computadoras representaba un gran costo, sólo permitido para obras medianas-grandes y grandes; en la actualidad el costo de una computadora es tan bajo que no logra compararse con el costo que representaría el no usarlas en obras pequeñas y medianas.

Para hacer una corrección rápida, es necesario definir la estructura del control, es decir, decidir si este control debe tener bases amplias o ser detallado. En algunos casos quizá sea posible especificar sólo ciertos eventos críticos

y delegar el control y programación detallada a los residentes, o responsables de esas actividades.

Aquellos eventos particulares que se consideren críticos para el logro de los objetivos del proyecto, podrían controlarse específicamente; de hecho, el resultado requerido se convierte en un sub-objetivo. Tales eventos importantes por lo general tienen lugar al principio o al final de las etapas principales en la ejecución de una obra y generalmente se les denomina milestone (piedra miliar). En la red puede dibujarse un triángulo negro que señale dicho evento, con una nota respecto a la fase que debe completarse.

Por ejemplo, la figura 4.2 muestra un piedra miliar marcada en el diagrama de una red de una construcción de un hotel. Esta obra debe de tener listos 10 cuartos el día 30 de mayo, para que se pueda recibir a los primeros huéspedes de las vacaciones de junio.

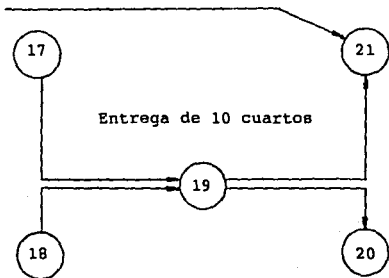


Figura 4.2

Dentro de un programa de obra, debe procurarse mantener al mínimo el número de piedras miliares a fin de mantener el valor de estos controles específicos.

También debe decidirse el "horizonte" de tiempo del plan formal. Es decir el especificar un programa para un largo período, puede ser de escaso valor, si hay probabilidades de que tengan que introducirse cambios cuando se ejecutan las primeras actividades. Como solución a esto se podría plantear que el programa proporcionará muchos detalles sobre la acción que se planea para tres o cuatro actividades del principio del programa y sólo detalles muy generales de actividades y eventos para el resto del proyecto, debido a que es en el principio cuando más cambios se requieren.

Al corregir y actualizar un programa, se recomienda llevar unas cartas o formas de control, éstas existen ya hechas en el mercado, pero también pueden ser definidas por las personas que forman parte del control. Debe recordarse que es básico el establecer cambios y correcciones escritas debido a que lo que no esté escrito prácticamente no tiene ningún valor oficial.

Las formas de control deben decidir las características que se deben incluir en los planes detallados finales. Para ésto existen cinco formas alternativas.

- Lista de actividades en orden creciente de holgura total.
- Lista de actividades en orden de momento próximo de inicio programado.
- Lista de actividades de responsabilidades.
- Eventos por orden numérico.
- Eventos por tiempo programado.

Los detalles pueden incluir la identidad en la red, número de actividad, descripción de ésta, duración estimada, momento de inicio programado, momento próximo y límite de inicio, momento próximo y límite de termino, holgura total, holgura libre, recursos requeridos, departamentos responsables e identificación de fases.

Aparte de unas formas de control que contengan listas de todas las actividades, es posible preparar documentación adicional, como, por ejemplo, tarjetas de trabajo para cada actividad y listas (clasificadas por responsabilidad departamental), de las actividades que deben estar ya en progreso en el curso de los siguientes próximos periodos. Resulta útil contar con una segunda copia de los documentos utilizados en la planeación, con espacio suficiente para

anotar los logros reales. Estas copias se utilizan posteriormente para información del control de obra.

Todas las ordenes que se den deben ser especificadas, ya que de lo contrario se podrían confundir. Un método usado en la ingeniería civil para escribir los cambios y acuerdos entre el que dicta las correcciones y el que las ejecuta es por medio de la bitácora de obra ó diario.

La bitácora es un libro que tiene carácter de oficial, legal y contractual que debe firmarse por parte del cliente y contratista, con el fin de escribir en él; acuerdos celebrados, cambios del proyecto, decisiones de atraso y reprogramaciones, documentación recibida y enviada, llamadas de atención, recomendaciones, etc. Se debe llevar por cuadruplicado y asignar a cada nota número progresivo y fecha.

El gerente general de la obra tendrá que tomar una decisión final respecto a la actualización del programa, es decir, definirá la fecha de iniciación de una actividad o grupo de actividades corregidas. Probablemente sería mejor que ésto se hiciera estudiando los riesgos asociados con tal actualización, así como los errores en las estimaciones de duración, elementos externos y disponibilidades de recursos de ésta.

Así pues, si determinada actividad no necesita recursos (o posiblemente un sólo recurso), se encuentra en una ruta con razonable holgura total y si está casi completamente bajo el control del gerente general de obra, éste puede tener justificación para programar la actividad hacia el momento límite de inicio. A la inversa, aquellas actividades con duración muy incierta y/o que requieran numerosos recursos, pueden programarse para iniciarse muy cerca del momento próximo de inicio.

La figura 4.3 ilustra el ciclo de control, corrección y actualización en forma esquemática. El ciclo que se muestra de los planes es hacia atrás y hacia adelante, entre el desarrollo del proyecto y el análisis de los resultados. Finalmente, se tienen ya algunos resultados sumarios para que el gerente general revise los objetivos.

Conforme se van recibiendo informes sobre los resultados, se analizan los efectos sobre los planes futuros y, si es necesario, se formulan alternativas. Entonces se pasa a la gerencia superior la información recibida y se expiden nuevos programas de trabajo a las personas involucradas.

Una forma muy fácil de llevar el avance de obra es por medio de formatos estandard ya impresos que existen en la industria de la construcción. Existen un sin número de

formatos de acuerdo a circunstancias particulares de cada obra y/o de cada contratista, donde se tienen todos las actividades o grupo de actividades de la ruta crítica, sus claves y la cantidad total por ejecutar. En los siguientes espacios se anotará el avance de cada cantidad en porcentaje de obra ejecutada. Estos avances se irán acumulando cada semana hasta completar el 100% que significa la terminación de la actividad.

El diseño de un formato de control del programa (avance), debe ser objetivo, funcional, operable, sencillo y legible.

El objetivo de un formato significa que contenga los datos suficientes que cumplan con las necesidades de la obra. El decir que sea funcional se refiere que cualquier persona que lea un formato lleno, pueda fácilmente entender o interpretar los datos ahí escritos. Esto se debe a que no sólo el ingeniero civil va a leer los avances del control, también existe personal de compras y egresos que tienen que entenderlo.

El ser operable significa que la persona que lleve el control tenga la menor dificultad posible en el momento de usar una forma, es decir que el llenado de cada columna, renglón, etc., sea lógico y consecuente, para que el operador sea más eficaz y se disminuya la posibilidad de

error en las operaciones matemáticas. El ser sencillo significa que no tenga demasiados datos que llenar que a veces resultan innecesarios.

El avance de la obra se tiene de dos maneras: una es el avance de cada actividad y consiste en el avance que tenga la actividad a la fecha de corte. La otra es el avance total que tiene la obra, este avance se obtiene de acuerdo a la cantidad de dinero gastado hasta la fecha de corte.

Siempre durante el control del presupuesto, en la programación de compras de materiales, y durante la ejecución de la obra, se necesitan continuamente datos acerca del avance de la obra y no siempre están estos datos al alcance del solicitante.

Es por esto que se debe hacer un resumen del avance, uno que sea del avance total de la obra y el otro que tenga el avance parcial de la obra. El resumen de avance parcial es el total de cantidades de obra definidas y separadas entre sí para un área determinada, un sólo nivel de piso, etc., el resumen de avance total es aquel que se refiere al gran total de cantidades de obra. Puede ser por niveles (para edificaciones de más de tres niveles), por grupos de actividades, etc.

Se acostumbra que los resúmenes del avance total se localicen al principio de la carpeta del control de avance de la obra con un índice para localizar fácil y rápidamente un dato.

CAPITULO V

CONTROL DEL PRESUPUESTO

V CONTROL DEL PRESUPUESTO.

En una obra no sólo es necesario controlar el programa, también es necesario controlar el presupuesto. Controlar el presupuesto es comprobar que lo está costando la obra, sea igual al presupuesto originalmente planeado.

Antes de definir que es un presupuesto es conveniente saber que es un antepresupuesto. Este lo definiremos como una suposición del costo global del objetivo de una obra, sin especificar el valor del grupo de actividades que integran a éste. Generalmente un antepresupuesto se hace en un tiempo mediano.

Tomando como ejemplo a la construcción de la losa aligerada del capítulo II, se puede decir que su antepresupuesto es de \$3,553,214, pero si se desea saber el presupuesto es necesario calcular y especificar el valor de cada partida. Entendiéndose como partida o paquete a un conjunto de conceptos o actividades. En el caso del ejemplo sería de: actividad 1-3 \$434,006, actividad 1-2 \$195,884, y así sucesivamente. Ver pagina siguiente.

El control del presupuesto tiene dos objetivos principales: primero es el establecer un registro de lo que efectivamente se gasta en la obra, para poder hacer una comparación contra lo que se presupuesto. El segundo

CONTROL DE OBRA

i-j	Actividad	Un.	C.D.	PU	IMPORTE	PORC	
1-3	Cimbra 50%	m ²	32	\$13,563	\$434,006	12.21%	3
1-2	Hab. acero 50%	kg	142.3	\$1,377	\$195,864	5.51%	
1-9	Andamios 100%	m ²	15	\$1,007	\$15,105	0.43%	
3-6	Cimbrado al 100%	m ²	32	\$13,563	\$434,006	12.21%	3
8-9	Col. Block	pz	256	\$500	\$128,000	3.60%	
2-6	Hab./acero 100%	kg	142.3	\$1,377	\$195,864	5.51%	
5-6	Inst. elec. 50%	sd	2	\$46,000	\$92,000	2.59%	
4-6	Armadado 50%	kg	142.3	\$116	\$16,446	0.46%	
7-9	Inst. elec. 100%	sd	2	\$46,000	\$92,000	2.59%	
6-9	Armadado 100%	kg	142.3	\$116	\$16,446	0.46%	
9-10	Colado	m	8.96	\$123,831	\$1,109,526	31.23%	1
10-11	Fraguado inicial						
11-14	Fraguado final						
14-16	Descimbrado	m ²	64	\$843	\$53,926	1.52%	
12-13	Curado Inicial	m ²	64	\$100	\$6,400	0.18%	
13-14	Curado Final	m ²	64	\$100	\$6,400	0.18%	
15-16	Impermeabilizado	m ²	64	\$11,766	\$749,184	21.08%	2
16-18	Chafan	m	40	200	\$8,000	0.23%	
17-18	Limpieza	m ²	64	80	\$5,120	0.14%	
TOTALES =					\$2,553,214	100.00%	

Nota:

sd = Salida

objetivo del control de costos es vigilar constantemente la obra de modo que se pueda detectar en cualquier momento el desperdicio de materiales, mano de obra o maquinaria, o posible robo de materiales, de manera que se pueda encontrar un remedio antes de que perjudique la buena terminación de la obra.

Para lograr un buen control del presupuesto en la construcción es necesario dividir a este control en tres controles principales, estos son: control de materiales, de mano de obra y de equipos o herramientas.

El control de materiales y equipo se refiere a tener los elementos necesarios en el momento que se requieren, ya que no existe material y equipo más caro que el que no se tiene cuando se requiere.

Para controlar el material y equipo quizá sea necesario tener un almacén, entendiéndose por éste, un lugar seguro para guardar materiales, utensilios, herramientas, equipos menores, accesorios, etc. Existen algunas reglas sencillas para un almacén éstas pueden ser; que los materiales cementantes se almacenen en un lugar seco, de que los combustibles se guarden fuera del almacén, etc.

Se puede decir que todas las obras requieren de un almacén, ya que esto facilitará el control y buen uso de

los materiales y equipo. Para lograr ésto el encargado del almacén de obra, deberá estar al tanto de que se distribuyan los materiales a tiempo, si el almacenista tiene un buen control de entradas y salidas de los materiales será mejor su desempeño.

Para poder controlar costos de los materiales es necesario comparar los materiales consumidos, contra los consumos programados. Lo programado siempre será teórico y la realidad diferente, por lo que es necesario establecer márgenes aceptables para cualquier desviación posible.

Para lograr un buen control es necesario tener en cuenta los desperdicios materiales y no materiales, ya que estos la mayoría de las veces no son tomados en cuenta, y cuando son considerados casi siempre no representan la realidad, ya que se consideran a éstos como imprevistos y no se toman en cuenta en el presupuesto (para ganar concursos).

Por ejemplo, en la construcción de la fábrica de celulosa mencionada en el capítulo I se calcularon aproximadamente los siguientes desperdicios.

Desperdicios materiales:

Madera	20%	Clavos	40%
Alambre	30%	Cal	40%

Cemento	15%	Tabique	20%
Bloc	27%	Grava	10%
Tepetate	20%	P.V.C.	5%
Mosaico	10%	Aceite/Maq.	40%
Bujías	40%	Seguetas	40%

Desperdicios no materiales:

- Tiempos muertos de maquinaria menor (rodillo, allanadora, revolvedora).
- Sobre excavación.
- Renta de demasiadas torres (techos).
- Etc.

La mejor forma de controlar la mano de obra es llevando un control de la utilización del personal, esto solo se puede lograr especificando en la lista de raya el desempeño de cada persona que trabaja en la obra y el paquete donde estuvo trabajando, de manera que se pueda hacer un comparativo de las jornadas hombre y el costo programado para cada paquete y de esta forma analizar lo que se pagó.

**V.1 FORMAS
Y MEDIDAS
CORRECTIVAS**

V.1 FORMAS Y MEDIDAS CORRECTIVAS

Para conocer el avance o retraso económico de una obra, es necesario obtener lo que se ha gastado y compararlo con lo que se programó que se gastaría.

Para hacer una obra, es necesario hacer un estudio de la factibilidad de ésta, es decir el contratante debe saber si cuenta con los recursos necesarios para construirla, y para esto debe elaborar un programa de costos.

Un programa de costos sirve para:

- Conocer el avance en un tiempo determinado.
- Programar los egresos.

Este programa de costos se establece en el contrato y sólo se aceptan cambios estipulados en él, estos casi siempre se deben a la inflación. Obviamente en México dichos cambios debidos a la inflación no son fáciles de determinar y sumado a que la industria de la construcción es una de las primeras afectadas por la inflación, por la alta cantidad de materiales, equipo y mano de obra que se necesitan en un tiempo tan corto, resulta complicado el controlar estos costos.

Es por esto que la mayoría de los contratos se basan en precios unitarios ó por administración, en lugar de precio alzado. En algunos contratos a veces se establece que dado el caso de un aumento sustancial (3% a 5% según la obra) en los materiales y en la mano de obra, los precios unitarios deben de reanalizarse, es decir se procede a hacer un escalonamiento.

Esta solución ocasiona un trabajo y costo de gabinete adicional a la empresa constructora y requiere que el cliente vuelva a revisar los nuevos precios unitarios y por lo tanto revisar el reajuste del presupuesto.

Un reajuste en los precios unitarios debe tener las siguientes condiciones:

- Deben contener los insumos más representativos de dicha construcción.
- Deben incluirse en algún parámetro el ajuste de los insumos.
- Deben tener sanciones para retrasos y bonificaciones para adelantos en la obra.
- Deben ser fáciles de actualizar y aprobar.

Estos problemas de inflación y reajustes en los costos promueven que ante una libre competencia las empresas constructoras tengan que mejorar sus servicios, mejorando

los costos y el tiempo necesario para una construcción. La tecnificación de la industria de la construcción se hace necesaria para su estabilidad y permanencia.

El costo total de una obra se divide en períodos, éstos dependiendo del tamaño de la obra son: días, semanas, meses, etc., dependiendo de lo estipulado en el contrato, los períodos representan un subtotal del costo ó egreso, por ejemplo en el capítulo III, figura 3.2, los períodos y los subtotales son por día.

El ideal del costo de una obra, es que los egresos sean paulatinos y sin cambios bruscos, esto obviamente no se da en una obra, ya que como se ha mencionado el 30% del costo general de una obra se da al principio de ésta. Es por esto que se debe tratar que el resto total del costo de la obra 70% sea uniforme. Tomando al ejemplo de la figura 3.2, el colado representa un fuerte egreso, pero es inevitable ya que una ley de la construcción es el no colar por tramos, es decir es inevitable su costo.

Por ejemplo tomando a la figura 3.2, la calidad del cemento, la calidad del vibrado (manual o por vibrados), la calidad del trabajo, la cantidad de los que trabajan (número de cuadrillas), la cantidad de equipo (número de vibradores) y el tiempo de fraguado (normal o con acelerantes);

determinan el costo total de dicha obra, en éste caso el colado de la losa aligerada.

Es muy importante que para controlar el avance económico de la obra, se ponga especial cuidado a las actividades cuyo costo represente un alto porcentaje del costo total de la obra.

En 1948 nace el sociólogo y economista italiano Vilfredo Pareto, el descubre un método matemático en la economía el cual dice que el 20% de las actividades representan el 80% del costo, esta ley es mejor conocida como "ley de pareto" ó "ley del 20-80", Pareto muere en el año de 1923. Esta ley significa en el caso del programa de la obra, que controlando el 20% de las actividades, se controla más del 80% del presupuesto. El 20% lo representan las actividades críticas, se éstas se controlan, se garantiza su terminación.

La ley de Pareto permite:

- Ver el alcance económico que tiene la obra en sus conceptos más representativos.
- Detectar errores de programación y del presupuesto.
- Comparar actividades críticas (económicamente) contra el avance físico y su incidencia.

Por ejemplo, en el control de obra del ejemplo del capítulo II se pueden observar los diferentes porcentajes del costo total de la construcción de la losa aligerada de cada actividad, los que representan aproximadamente el 20% de las actividades y el 80 % de los costos son; la cimbra al 50%, la cimbra al 100%, el colado y el impermeabilizado. Controlando específicamente el costo de estas actividades (críticas económicas) se controla aproximadamente el 80% del costo total de la obra.

Dependiendo de lo que se incluya en los costos unitarios (suministro de materiales, mano de obra), resultarán las actividades críticas económicas. En el ejemplo descrito anteriormente el colado es la actividad más crítica, en segundo lugar se tiene a la impermeabilización y en tercer lugar a la cimbra. El motivo por el cual el armado y el habilitado representa menos es porque ésta es una losa aligerada.

El control del avance económico tiene como función el permitir que no se altere la productividad en una obra, este control debe mostrar las desviaciones respecto a lo planeado y debe poner remedio decidiendo oportunamente. Este control se basa principalmente en gráficas, histogramas y diagramas de barras, que permiten comparar diferentes; índices, áreas o volúmenes, entre avances programados y reales.

Las causas de las desviaciones de un programa económico en una obra pueden deberse a diferentes razones, estas pueden ser; malos rendimientos de la mano de obra, equivocado número de cuadrillas, condiciones no consideradas en el programa, etc. Esto se debe a que todas las obras son distintas.

Para solucionarlas se necesita evaluar y decidir la medida correctiva, éstas podrían ser; incrementar turnos, estimular rendimientos (bonificaciones), etc.

Para controlar el avance económico de una obra es necesario que todos los cambios en la obra, se especifiquen por escrito (bitácora).

**CONCLUSIO-
NES**

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Dentro de la ingeniería civil se puede decir que existen dos tipos de construcciones, la infraestructura que tiene prioridad y la infraestructura secundaria, la primera son aquellas obras que se necesitan para el funcionamiento de la sociedad, estas son; casas-habitación, fábricas, drenajes, puertos, carreteras, puentes, etc. La segunda son aquellas obras que se necesitan para el buen desarrollo de la sociedad, estas son; cines, restaurantes, centros comerciales, parques, etc.

El avance de un país se mide por la cantidad y calidad de su infraestructura. En la actualidad debido a la crisis económica que se vive en el país, esta infraestructura es más difícil planearla, programarla y controlarla. Es por esto que se debe optimizar la ejecución de una obra mediante una adecuada planeación.

Primero para poder comprender los problemas y solucionarlos es necesario saber que factores afectan a una obra, saber para que se construye ésta, saber cual es la mejor división de trabajo y organigrama para llegar de la mejor forma y lo más rápido posible a los objetivos.

Una vez comprendido lo anterior, es necesario saber que un análisis de red (Método de la Ruta Crítica C.P.M.) y el

diagrama de barras, son indispensables para controlar las actividades críticas y las actividades críticas económicas.

El funcionamiento en economías inflacionarias no es lo mismo que hace algunos años, por lo que se deben efectuar criterios y sistemas de trabajo que se adapten a esta nueva situación. Por lo que resulta indispensable el uso de una computadora. En la actualidad existen programas que generan ruta crítica y diagramas de barras para computadoras personales, estos programas son de un bajo costo y fácil entendimiento.

La mayoría de estos programas se basan en el método CPM. Es necesario para lograr la solución óptima, el modificar una programación tantas veces sea necesario, gracias a la computadora estos cambios se simulan cambiando las diferentes características variables que forman el programa (cuadrillas, rendimientos, número de grupos, cambios de precio en los materiales, etc.).

Una vez que se tiene la red inicial con su diagrama de barras, éstas deben retroalimentarse mediante una asignación óptima de recursos, para esto es necesario conocer las características de los recursos que se necesitan.

Una vez definido el programa, la red y el diagrama de barras, es necesario controlar el programa y el presupuesto,

ya que de nada servirá tener un programa ó un presupuesto idealizados, que no cumplan con los imprevistos de la obra.

Para controlar el programa se necesita llevar un avance escrito donde las actividades críticas son las que se toman en cuenta. Para controlar el presupuesto se necesita llevar un avance escrito donde las actividades críticas económicas son las que se toman en cuenta.

El uso de la ruta crítica y el diagrama de barras con ayuda de la computadora no son una panacea para la optimización de la ejecución de una obra mediante una adecuada planeación. Los conocimientos, sentido común y la experiencia de las personas que participan en la planeación, programación y control de la obra determinaran el éxito o fracaso de ésta.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Charles C. Martín: Administración por proyectos: como hacerla operante, 1a. ed., 3a. reimpresión, Ed. Diana, México, D.F., 1986.
- 2.- Fernández Arena José Antonio: Elementos de Administración, 1a. ed, Ed. Diana, México, D.F., 1986.
- 3.- Hoare, H. R.: Uso del análisis de red en la administración de proyectos, 1a. ed, 3a. reimpresión, Ed. Diana, México, D.F., 1986.
- 4.- Peurifoy R. L.: Métodos, planeamiento y equipos de construcción, 1a. ed., 15a reimpresión, Ed. Diana, México, D.F., 1982.
- 5.- Solomon Ezra y Pringle J. John: Fundamentos de administración financiera, 1a. ed., 2a. reimpresión, Ed. Diana, México, D.F., 1986
- 6.- Suárez Salazar Carlos: Costo y tiempo en edificación, 3a. ed., 6a. reimpresión, Ed. Limusa, México, D.F., 1984.
- 7.- Código civil para el D.F., 1a. ed., Ed. Porrúa, México, D.F., 1983.